tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 51 – Nr. 3 – 1986

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Lidmaatschap
Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbarellidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl.60.-per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 60,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

DE DIGITALISERING VAN DE TELECOMMUNICATIE-INFRASTRUCTUUR IN NEDERLAND

Ir. P.P. 't Hoen

Staatsbedrijf der PTT

The digitalization of the telecommunications infrastructure in the Netherlands. A description is given of how the Netherlands PTT converts the existing analogue telecommunications infrastructure into a digital one. After a brief analysis of the arguments for digitalization, the actual configuration of the network is described. Then the changes in the network structure, which are a consequence of the introduction of digital equipment, are analyzed. The method of change-over from the current situation to the digital network is presented. The typical network characteristics, the consequences for planning, operations and networkmanagement as well as the new opportunities for services of the growing digital infrastructure are discussed.
Finally a few remarks are made on the evolution to the Integrated Services Digital Network (ISDN).
The article is the text of a presentation given for NERG, KIVI, Genootschap van Ingenieurs der PTT in The Hague on December 17th, 1985.

1. WAAROM DIGITALISEREN?

Alvorens in te gaan op de wijze van digitaliseren in het Nederlandse net en de gevolgen daarvan, is het zinvol stil te staan bij de vraag: "Waarom digitaliseren?". Want zeker voor het telefoonnet zou te bearguymenteren zijn dat, gezien het analoge karakter van de menselijke spraak, digitaliseren van de informatie-overdracht enkel complicerend zou zijn ten opzichte van de al meer dan 100 jaar oude en beproefde analoge technieken.

De argumenten die pleiten voor het digitaliseren kunnen worden gesplitst in twee groepen.
Allereerst de argumenten: - economie
en - continuïteit.

Deze zijn vooral van toepassing op de situatie van een groeiend telefoonnnet, waarin bovendien ten behoeve van de continuïteit van de dienstverlening, periodiek bedrijfsmiddelen na de beëindiging van hun economische levensduur moeten worden vervangen.

Het blijkt dan namelijk dat de moderne, op digitale technieken gebaseerde schakel- en transmissiesystemen een betere prijs-prestatie verhouding hebben dan de analoge middelen. Daarbij moet niet alleen worden gekeken naar de aanschafprijs, maar naar de totale kosten over de gehele levensduur. Lager energieverbruik, kleinere ruimtebehoefte, lagere uitvalskans en geavanceerde onderhoudsvoorzieningen spelen een belangrijke rol.

Bovendien treden bij de inzet van digitale middelen synergetische effecten op bij de combinatie van digitale transmissie en digitale schakeltechniek. Digitaliseren op grond van het economisch argument maakt het dus mogelijk de bestaande diensten te blijven bieden tegen redelijke en over het algemeen bij het algemene prijspeil achterblijvende, kosten: het continuïteitsargument.

De tweede groep argumenten voor digitalisering betreft de: - marktvraag
en de - flexibiliteit

De snelle ontwikkeling van de digitale technologie en de daarmee gepaard gaande prijsdalingen leiden tot steeds meer toepassingen. Gegevensverwerking met digitale computers gebeurt op steeds meer plaatsen. De rol van informatie in het functioneren van onze maatschappij wordt bovendien steeds belangrijker. Dat doet de vraag naar digitale communicatiemiddelen sterk toenemen. Deze vraag is echter niet alleen een vraag naar meer transportcapaciteit, ook de behoefte aan een grotere variëteit van diensten, aan openbare diensten die de aanwezige informatieverwerkende mogelijkheden ondersteunen, neemt snel toe.
Steeds meer politici, bestuurders en deskundigen achten de te bereiken welvaart van een land sterk afhankelijk van de mate waarin het in staat zal zijn aan de vraag naar moderne informatie- en telecommmunicatie-diensten te voldoen.

2. HUIDIGE SITUATIE

In de huidige situatie kan men in Nederland drie netten onderscheiden voor drie verschillende telecommunicatiediensten: het telefoonnet, het telexnet en het Datanet-1. Deze netten maken voor het transport van de informatie overigens gebruik van dezelfde kabels en straalverbindingen.

Het telefoonnet met 5,6 mln aansluitingen vervoerde in 1985 zo'n 6 miljard telefoongesprekken. De groei van het aantal aansluitingen ligt rond de 2,5% per jaar: de verkeersgroei echter op 4 à 5% per jaar. Op het telexnet zijn ca. 39000 klanten aangesloten; de groei is hier nog wel aanwezig, maar zeer gering; het pakket-geschakelde Datanet-1 telt ca. 2600 aansluitingen en vertoont een sterke groei met zo'n 100 aansluitingen per maand.

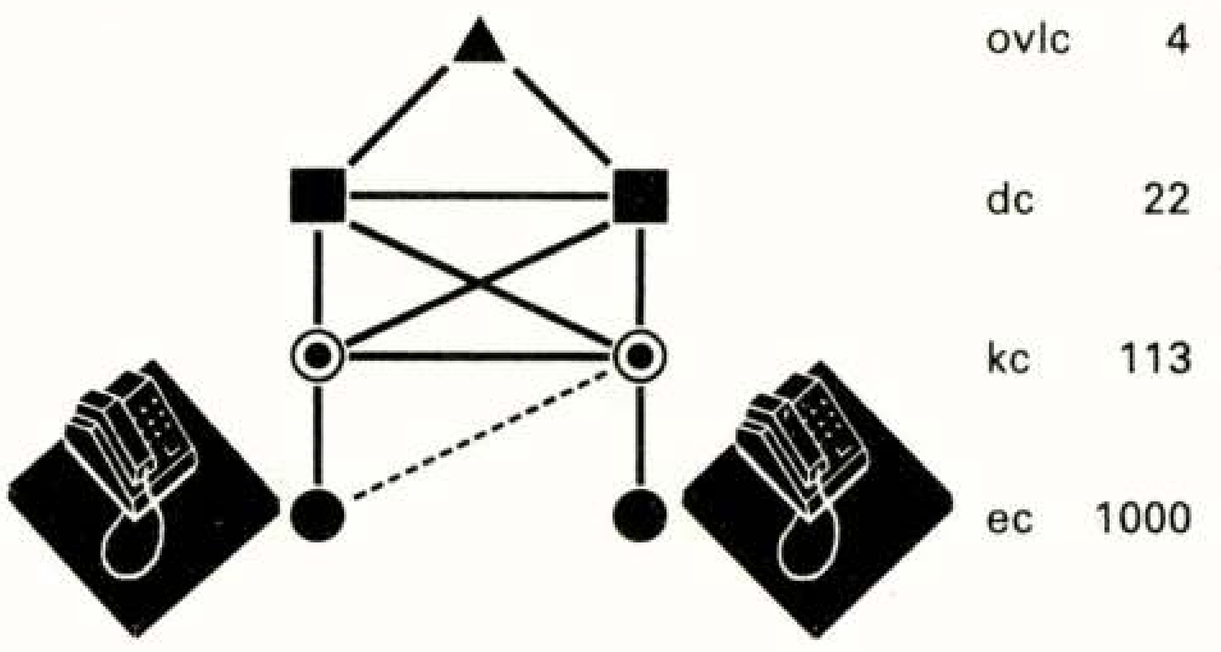
Los van de netten moet nog gemeld worden dat er ca. 15000 nationale (interlokale) huurlijnen en ca. 1000 internationale huurlijnen in bedrijf zijn, eveneens gebruikmakend van de aanwezige transmissie-infrastructuur.

Op de bestaande netten wordt voorts een aantal andere diensten aangeboden zoals facsimile, viditel, teletex, memocom, multisat, semafonie en autotelefonie.

Het Nederlandse net is, ook internationaal gezien, modern: al meer dan 40% van de huidige telefoonabonnees is aangesloten op een computerbestuurde telefooncentrale (ca. 300 stuks). Van deze 300 centrales zijn er ruim 50 met een digitale verkeerstrap; ook de internationale centrale in Amsterdam en de 'Service-06' centrale zijn digitaal.
Al sinds het midden van de 70er jaren worden in het lokale net 2 Mbit/s systemen gebruikt, om de kabelcapaciteit te vergroten en daardoor het bijleggen van kabels overbodig te maken. Ook tussen de eindcentrale en knooppuntcentrales zijn al veel 2 Mbit/s systemen geïnstalleerd. Op landelijke schaal wordt in hoog tempo 34 Mbit/s (straalverbindingen) en 140 Mbit/s ingevoerd (coaxiale kabel en glasvezel, o.a. in de agglomeratienetten van Amsterdam, Rotterdam en Den Haag). En het eerder genoemde Datanet-1 biedt al sinds 1981 pakket-geschakelde datatransportcapaciteit tot 64 kbit/s.

De huidige netstructuur is in hoofdlijnen gebaseerd op een hiërarchisch net met (van boven naar beneden) overloop- en internationale centrales, districtcentrales, knooppuntcentrales en eindcentrales/wijkcentrales (fig. 1).

Basis-netstructuur



Op grond van kostenminimalisatie zijn in dit hiërarchische basisnet echter vele directe of dwarsroutes aangebracht. De introductie van "intelligente" SPC-centrales heeft bovendien directe verkeersafwikkeling tussen eindcentrales en districtscentrales mogelijk gemaakt. Een mogelijkheid die dan ook ter besparing van centraledoorgangen veel is gebruikt.

De toegepaste optimaliseringen hebben in een zeer efficiënte, maar ook vaak minder gemakkelijk beheersbare netstructuur geresulteerd. In de volgende paragraaf zal de invloed van de moderne, digitale, bedrijfsmiddelen op deze netstructuur nader worden verkend.

Typisch kenmerk van de huidige situatie is nog het strikte onderscheid tussen 'tweedraads' doorschakelen voor onversterkte lijnen (in nummercentrales) en het 'vierdraads' doorschakelen in de verkeerscentrales. Bovendien is, zeker in de EM-systemen, sprake van scheiding van functies (ec, kc, dc) over verschillende eenheden: in een knooppunt staat een knooppunts 'verkeers'centrale naast een knooppunts'nummer'centrale.

3. VERANDERENDE NETSTRUCTUUR

Door een aantal typische eigenschappen van de digitale technieken zal de nieuwe netstructuur anders zijn dan de bestaande.
De twee invloeden die direct samenhangen met de digitalisering, zijn de
- afstandsonafhankelijke kwaliteit en het
- relatief goedkoop 'bulk'transport.

Dat laatste geldt met name bij het gebruik van glasvezeltechniek. De afstandsonafhankelijke kwaliteit maakt het mogelijk om de informatiestromen zeer vrij in het net te routeren, zonder feitelijke beperkingen

in de te overbruggen afstand, of in het maximaal aantal te passeren centrales. In de digitale overdrachtstechniek is de afgeleverde informatie in principe gelijk aan de bron-informatie, afgezien van optredende bitfouten, die voor een gegeven systeem gedefinieerd zijn door de Bit Error Rate (BER) of andere parameters.
De multiplextechniek en de toepassing van glasvezel laat zien dat zeer grote bitstromen tegen relatief lage kosten over grote afstanden kunnen worden vervoerd. Dat leidt ertoe dat grote bundels relatief voordelig zijn ten opzichte van kleinere. In combinatie de lagere kosten van digitale schakeltrappen en met de relatieve afstandsonafhankelijkheid geeft dat een trend naar een meer hiërarchisch georganiseerd net dan in de huidige situatie.

Behalve de digitalisering als zodanig, zoals van toepassing op de presentatie van de signaalvorm die wordt getransporteerd, heeft de toepassing van digitale technieken in de moderne schakel- en transmissiemiddelen ook geleid tot
- toenemende 'intelligentie' en
- multifunctionele centrales.

De toenemende 'intelligentie' manifesteert zich in de uitermate flexibele routeringsmogelijkheden van moderne computerbestuurde schakelsystemen. Het gebruik hiervan in een netwerk kan echter dan pas volledig worden uitgebuit wanneer deze besturingscomputers rechtstreeks en 'op niveau' met elkaar kunnen communiceren. Het zogenaamde gemeneweg-signaleringssysteem CCITT Nr. 7 voorziet hierin. Het is in feite een van uitgebreide beveiligingen voorzien datacommunicatieprotocol op pakket-basis, speciaal ontworpen en gedefinieerd voor het uitwisselen van verbindingsopbouwen bewakingsinformatie in een telecommunicatienet. Daarnaast biedt het mogelijkheden voor het overdragen van beheers- en onderhoudsinformatie, berichten t.b.v. netwerkmanagement, nummertranslatie, en oproeperidentificatie etc.

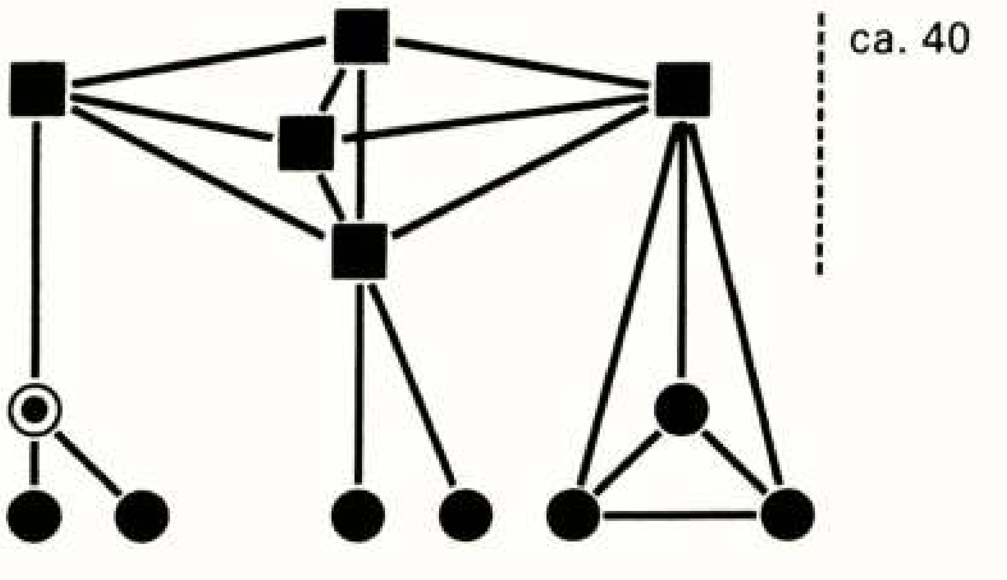
De combinatie van het gebruik van krachtige besturingscomputers met de daarbij behorende software en het signaleringssysteem CCITT Nr. 7 leidt tot een 'intelligent netwerk' dat een grote flexibiliteit biedt voor het verwerken van de aangeboden verkeersstromen en het invoeren van nieuwe diensten.

Tenslotte leidt de toepassing van digitale (='vierdraads') schakelnetwerken in de centrales in combinatie met de besturingscomputers tot het verdwijnen van het fysieke onderscheid tussen centraletypen. De verschillende functies van nummer- en verkeerscentrale (knooppunt of district, transiet of overloop) worden geïntegreerd in één fysieke eenheid.
Deze integratie heeft ook economische voordelen, omdat daarmee op centrale-doorgangen in verkeerscentrales kan worden bespaard.

Daarbij moet nog worden aangetekend dat moderne centrales wel een andere fysieke opdeling kennen: die van de 'host' of moedercentrale en de 'remote' of op afstandsbestuurde centrale.
In de moedercentrale zijn dan de 'administratieve' functies ondergebracht, terwijl de afstandsbestuurde eenheid zoveel mogelijk zelfstandig, met gebruik van eigen processoren, de basis-schakelfuncties afwerkt. Dat de koppeling tussen beide eenheden geschiedt over standaard digitale verbindingen, waarover zowel de besturings- als de 'nuts'-informatie wordt vervoerd, spreekt wel haast vanzelf.

De consequenties die de bovengenoemde invloeden hebben op de structuur van het digitale telecommunicatienet, zijn in hoofdlijnen weergegeven in fig. 2.

Nieuwe structuur



In de nieuwe netstructuur zal het hoogste netvlak, het verkeersnet, bestaan uit ca. 40, in principe maasvormig verbonden centrales.
In een groot aantal gevallen zijn daaraan de nummercentrales direct gekoppeld (fysieke integratie). Daar waar het om bedrijfseconomische redenen gewenst is eerst een concentratie-functie te implementeren, vindt men nog verkeerscentrales van de tweede orde, te vergelijken met de huidige knooppunten. Grote stedelijke lokale netten kennen uiteraard nog steeds de vermaasde wijkcentralestructuur: de als transietcentrale opererende hoofdwijkcentrale zal echter vaak tevens de in het hoogste netvlak opgenomen eerste orde verkeerscentrale zijn.

Voor alle duidelijkheid zij vermeld dat de in dat hoogste netvlak opgenomen eerste orde centrales niet altijd tevens ook 'moeder'-centrale hoeven te zijn.

De bundels in het geschetste net zullen in principe dubbelgericht zijn (zowel uitgaand als inkomend verkeer), en het huidige onderscheid in bundels naar verkeerstype (S, B, L-bundels, naar het eerste cijfer dat er op wordt getransporteerd) zal zijn vervallen. Beide eigenschappen maken een zeer flexibele en eventueel dynamische routering van het verkeer mogelijk.

4. HET DIGITALE PARALLELNET

Voordat er een volledig digitale situatie is bereikt zal er, gedurende zo'n 20 jaar, sprake zijn van een overgangssituatie. Dat geldt zowel voor de toegepaste middelen, als voor de daaruit voortvloeiende netstructuur, zoals beschreven in de vorige paragraaf. Men moet zich bovendien realiseren dat van een volledig digitaal net pas sprake is wanneer ook de abonneelijn en het abonneetoestel zijn gedigitaliseerd. Aangezien verwacht mag worden dat op deze lijn verschillende diensten geïntegreerd worden aangeboden, is er dan sprake van een geïntegreerd digitaal net met geïntegreerde diensten, ofwel een ISDN. De eerste stappen daarheen zullen nog deze decade worden gezet. De snelheid van de ontwikkeling zal echter sterk afhangen van het gedrag van de markt.

PTT Telecommunicatie heeft een startsituatie, waarin met name de verkeerscentrales aan vervanging toe zijn. De introductie van de 2-draads analoge SPC centrales van het type PRX/A heeft namelijk het eerst plaatsgevonden op het niveau van de nummercentrales. Bovendien is er, gezien de sterke groei van de afgelopen 10 jaar, nog nauwelijks sprake geweest van vervanging van centrales, maar praktisch alleen van uitbreiding. Het op de markt verschijnen van digitale (en dus vierdraads-) centrales maakt het nu mogelijk om snel en effectief de digitalisering te starten vanuit het verkeersnet.

Dat heeft bovendien het voordeel dat er eerst een landelijk dekkend digitaal net kan worden gerealiseerd, waarmee in de eerste, al aanwezige commerciële, behoefte aan geschakelde 64 kbit/s verbindingen, kan worden voorzien.

De gekozen strategie is dus: het aanleggen van een digitaal parallel interdistrictsnet, waarmee de al geplaatste en de in de komende jaren nog te plaatsen digitale verkeerscentrales (te starten met één per district) worden verbonden.

Deze strategie leidt ertoe dat eind 1987 in Nederland een landelijk dekkend 64 kbit/s geschakeld verkeersnet aanwezig is met schakelcentra in elk telefoondistrict.

Voor het transmissiegedeelte wordt gebruik gemaakt van straalverbindingen, coax-kabel en m.i.v. juli 1986, glasvezel.
De transportsnelheid is voor straalverbindingen 34 Mbit/s, voor de kabelroutes 140 Mbit/s, met een optie om op de glasvezelroutes later, indien gewenst, over te gaan op 565 Mbit/s.

De toegepaste schakelsystemen zijn t/m 1991 van het type 5ESS-PRX (ATT en Philips Telecommunicatie Bedrijven), AXE (Ericsson Telefoon Maatschappij) en vanaf 1989 ook System 12 (ITT Nederland).

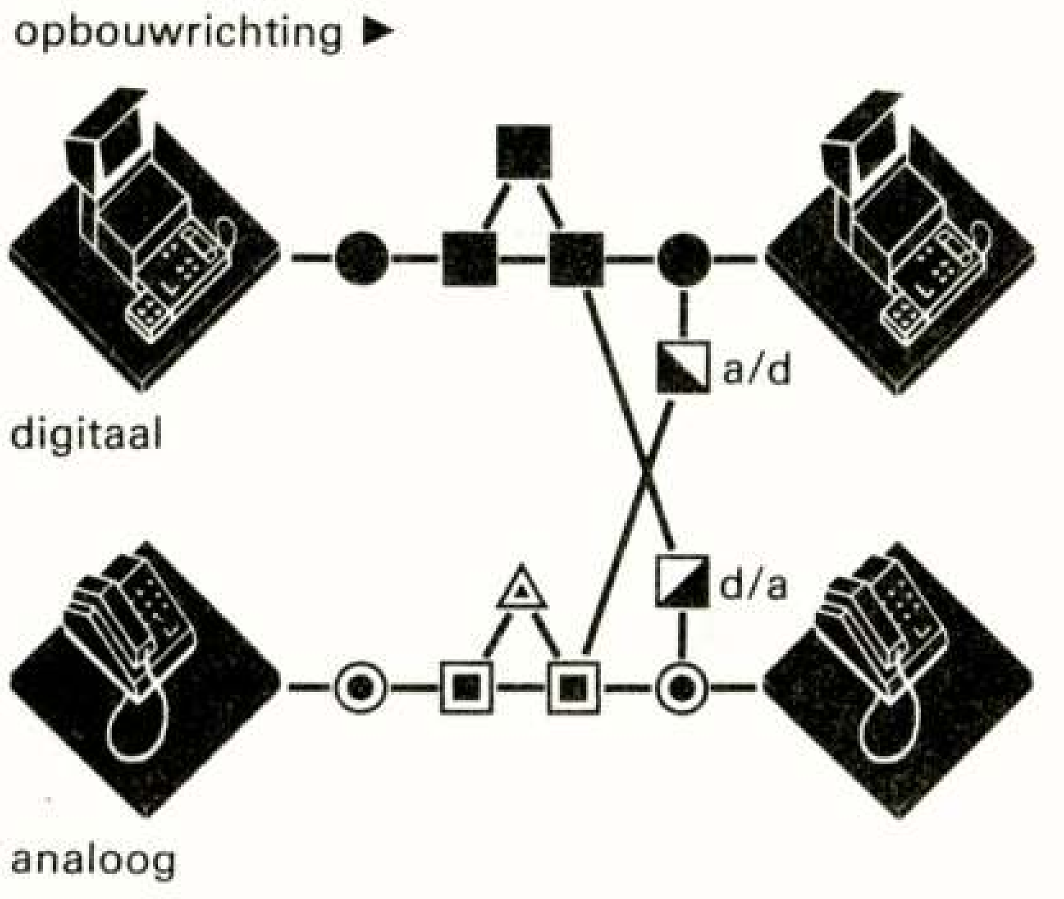
5. OVERGANGSSITUATIE

Zoals eerder opgemerkt, zal er geruime tijd sprake zijn van een overgangssituatie, waarin parallel een analoog net naast een digitaal net zal bestaan.
Het is uiteraard nodig dat deze twee met elkaar verbonden zijn, zodat er op abonneeniveau geen onderscheid is in de onderlinge bereikbaarheid. Voor deze koppeling moet gebruik worden gemaakt van analoog-digitaal omzetters voor het te transporteren spraaksignaal. Bovendien moet de signaleringsinformatie ten behoeve van de verbindingsopbouw en bewaking worden omgezet in een voor het digitale net bruikbare vorm.

Om de inzet van A/D omzetters in de overgangssituaties beheersbaar te houden, wordt er naar gestreefd het digitaliseringsproces onder het hoogste netvlak zoveel mogelijk uit te voeren per sector (knooppunt met bijbehorende nummercentrales).
Dat maakt ook de planning van de gecombineerde inzet van digitale schakel- en verbindingsmiddelen overzichtelijker.

De bestaande analoge PRX/A centrales zullen aan het digitale verkeersnet worden gekoppeld door het toepassen van in het PRX-systeem geïntegreerde A/D omzetters, waardoor deze systemen als het ware een digitaal koppelvlak hebben naar het hogere netvlak. Voor de overige, elektro-mechanische of EM-systemen, is gekozen voor herinzetbare signalerings en A/D converters (SADCON's). Deze worden zo in het net geplaatst, dat oproepen zo lang mogelijk worden afgewerkt in het type net, waarin ze worden gegenereerd. Analoge oproepen bestemd voor analoge nummercentrales zullen dus in het analoge net worden afgewerkt; oproepen ontstaan in een gedigitaliseerde nummercentrale zullen zolang mogelijk digitaal worden verwerkt.

Daardoor zal relatief snel een eind-tot-eind digitale verbindingsmogelijkheid in het net zijn gecreëerd (fig. 3).



Bij het 'sectorgewijs' digitaliseren zal overigens sterk rekening worden gehouden met die gebieden waarin om commerciële redenen versnelling van de digitalisering gewenst is. Dat kan in een aantal gevallen leiden tot het digitaliseren van segmenten ('taartpunten') van sectoren.

Door de snelheid van digitaliseren en door de aanwezigheid van een groot PRX/A bestand dat, zoals gezegd, digitaal aan het verkeersnet zal worden gekoppeld, zal volgens de prognoses in 1989 al 50% van het interdistrictsverkeer digitaal worden afgewikkeld en 35% van het secundaire verkeer (van en naar districtscentrales).

De koppeling op abonneeniveau aan de digitale infrastructuur zal in eerste instantie plaatsvinden door het verbinden van digitale PABX'n (bedrijfstelefooncentrales) met 2Mbit/s links en aangepaste signalering met digitale telefooncentrales in het net.

Voor het verbinden van abonnees op basis van 64 kbit/s circuitgeschakelde kanalen zal zo snel mogelijk op de ISDN standaarden worden ingespeeld. Indien echter de commerciële verwachting dat rechtvaardigt, is het ook daar mogelijk om een interim oplossing voor de signalering te ontwikkelen en in te voeren. Naar verwachting is het in 1988 al mogelijk om een eerste fase ISDN aansluiting te gaan voeren: gebaseerd op de CCITT I-serie-aanbevelingen, maar nog niet met de uitgebreide functionaliteit van een volledig geïmplementeerde D-kanaal signalering.
Het maken van internationale vergelijkingen over de mate en snelheid van digitalisering is een moeilijke zaak, maar de Nederlandse positie moet gezien deze gegevens als positief worden gekenschetst.

In het kader van dit artikel zal overigens verder niet worden ingegaan op de internationale koppelingen van het digitale net: de koppeling van het satellietgrondstation Burum met o.a. België en Denemarken, de aansluiting op de glasvezelkabel naar Engeland, het gebruik van satellietgrondstations voor resp. ECS en Intelsat, enz.

Het is hier wel van belang om te wijzen op de positie van de agglomeratienetten in de grote steden. Deze digitale, met glasvezelsystemen uitgeruste transmissienetten zijn in eerste instantie bedoeld voor het voorzien in de behoefte aan digitale verbindingen in de agglomeratie tussen (grote) klanten en belangrijke knooppunten in de infrastructuur, zoals satellietgrondstations, telefoon- en datacentrales, databases en andere gebruikers. Bovendien worden deze ringvormige structuren gebruikt voor het afwikkelen van het verkeer tussen de wijkcentrale-eenheden in diezelfde agglomeratie.

6. NETKARAKTERISTIEKEN

Een belangrijk, nog niet besproken, aspect van de nieuwe digitale netstructuur is de veiligheid: de bescherming van de verkeersafwikkeling tegen het uitvallen van routes. Deze veiligheid zal worden ingebouwd door het toepassen van meervoudige routering. In het hoogste netvlak wordt elke route tussen twee netwerkpunten in principe viervoudig gerouteerd, waarbij twee routes via straalverbindingen en twee via kabels (coax of glasvezel) lopen.
Het toepassen van viervoudige routering betekent dat het verkeer tussen twee punten over vier geografisch gescheiden wegen wordt getransporteerd, hetgeen tot gevolg heeft dat bij uitval van één route, 75% van de capaciteit beschikbaar blijft. De verkeerstheorie leert dat in dat geval de stagnatiekans in het drukke uur zodanig is, dat sneeuwbaleffecten door grote aantallen herhaalde oproepen uitblijven.
Doordat bij deze vorm van risicospreiding geen reserve nodig is in de vorm van extra capaciteit, blijkt deze routeringswijze ook bedrijfseconomisch aantrekkelijk.

De lagere netvlakken worden tenminste drie- respectievelijk tweevoudig gerouteerd.

Een tweede punt dat aandacht verdient is de toegenomen flexibiliteit van het net t.o.v. de huidige situatie. Flexibiliteit zowel wat betreft de implementie van diensten, als wat betreft de wijze waarop het verkeer door het net wordt verwerkt.
De afstandsonafhankelijkheid en de intelligentie in de systemen maakt flexibel en eventueel dynamisch routeren, afhankelijk van momentane verkeerspatronen, mogelijk.

De flexibiliteit t.o.v. het verwerken van het verkeer is zeker geen overbodige luxe: de toename van nieuwe diensten en het daarmee snel veranderende verkeerspatroon qua intensiteit, gepiektheid, gespreksduur, verkeersinteresse maakt het steeds moeilijker om op basis van meerjarenprognoses en de gefixeerde inzet van verkeersmiddelen de gewenste servicegraad te bieden.

Als derde punt mag worden genoemd de verbeterde overdrachtskwaliteit van het net. Deze mag nu zeker niet slecht worden genoemd, maar wordt in een aantal gebieden merkbaar beïnvloed door de storingen van electromechanische systemen (kraken, ruis en impulsstoringen). Na digitalisering zal van een praktisch 'stil' net sprake zijn, met binnen de overgedragen spraakband een minimale vervorming. Het is te hopen dat het aantal inferieure telefoontoestellen dat aan dit net is verbonden dan niet zodanig groot is, dat nog maar zelden deze verbetering voor de telefoongebruiker merkbaar is.

Een ander aspect van kwaliteitsverbetering zal zijn de snelheid van de verbindingsopbouw: de verbinding naar een abonnee elders in Nederland zal over het algemeen in een fractie van een seconde na het kiezen van het nummer tot stand gebracht zijn. Vrijwel meteen na het loslaten van de laatste toets zal het bel- (of bezet!-)signaal klinken. Bij gebruik van een toondruktoetskeuze (TDK) toestel zal de hele verbindingsopbouw, vergeleken met de huidige kiesschijfpro-cedure zeer snel afgehandeld zijn. Dat zal overigens ook de aantrekkelijkheid van het gebruik van het telefoonnet voor dataverkeer doen toenemen.

7. PLANNING, BEHEER EN EXPLOITATIE

Zoals in de vorige paragraaf al vermeld, zijn door de nieuwe diensten c.q. de toenemende diversiteit van het gebruik van het telecommunicatienet de verkeersgroei en het verkeerskarakter moeilijker voorspelbaar dan voorheen.

Dit wordt voor een belangrijk deel opgevangen door de structuur en eigenschappen van het net zelf.
Genoemd kunnen worden de dubbelgerichte bundels, de overloopstructuur (elke centrale in het hoogste netvlak kan in principe als overloop fungeren) en de mogelijkheid van dynamisch routeren.

Dat zal echter niet alleen voldoende zijn om de genoemde onzekerheden op te vangen. Daarom wordt ook, waar mogelijk, royaal gedimensioneerd, hetgeen ondersteund wordt door de kostenkarakteristiek van de transmissiemiddelen. En bovendien wordt het logistiek proces zowel bij PTT als bij de leverancier zodanig gereorganiseerd dat de kortst mogelijke levertijden kunnen worden gerealiseerd. Daarmee moet dan een flexibel antwoord op de snel veranderende omgeving mogelijk worden.

Eén aspect is daarbij bijzonder behulpzaam: het feit dat de digitalisering ook een belangrijk stuk standaardisatie met zich meebrengt in het Nederlandse net. De huidige aanwezigheid van een groot aantal fabrikantgebonden signaleringsystemen en varianten daarop, maakt flexibele inzet van bedrijfsmiddelen een uiterst moeizame zaak.

Het beheer en de exploitatie van het digitale net zal sterk veranderen ten opzichte van de huidige situatie. Dat is niet zo zeer een gevolg van de digitalisering als zodanig, als wel van het feit dat inherent aan de vergroting van de 'intelligentie' van de systemen zeer geavanceerde foutdetectie- en localisatiemiddelen ter beschikking komen.
Gecombineerd met de aanwezigheid van beheer-computers die door middel van datacommunicatie met de te beheren systemen in verbinding staan zal de bediening ten behoeve van het beheer en de exploitatie praktisch volledig op afstand, vanuit gespecialiseerde centra, kunnen geschieden.

Een belangrijk aspect is daarbij ook dat door integratie van de bestaande gespecialiseerde netten in een digitaal net het beheer in principe wordt vereenvoudigd.

8. MOGELIJKHEDEN

Het digitale net zal, ook in de overgangssituatie, een uitbreiding mogelijk maken van het bestaande dienstenpakket. Welke zullen worden gerealiseerd zal uiteraard afhangen van de aanwezigheid van een markt, kostenafweging, prioriteitsstelling, investeringsruimte etc.

Genoemd kunnen worden het in het net realiseren van 'permanente' of 'semi-permanente' verbindingen (uurlijnen) door gebruikmaking van de aanwezige schakeltransmissie- en beheermiddelen.
Deze verbindingen kunnen vanuit een regionaal of landelijk centrum 'vanachter de terminal' worden gerealiseerd.

Voorts kan worden gedacht aan uitbreiding van de Service-06 diensten door gebruikmaking van uitgebreide nummertranslatiemogelijkheden, met eventuele besturing door de huurder van een 06-nummer. Deze heeft dan de mogelijkheid de eigenschappen van het nummer (welke oproeper wordt wanneer waarheen gerouteerd) vanaf zijn eigen aansluiting te wijzigen of te programmeren.

In het nieuwe net zal het ook mogelijk worden 'besloten gebruikersgroepen' te vormen, die bijzondere, PABX-achtige faciliteiten krijgen. Deze uitgebreide 'centrex' dientsverlening biedt vele mogelijkheden om organisaties zonder PABX en met eventueel een grote geografische verspreiding alle mogelijke PABX-functies te bieden.

Het mogelijk maken van een flexibele capaciteitstoewijzing aan grootgebruikers waardoor deze hun transportcapaciteit dynamisch kunnen hergroeperen afhankelijk, van het gewenste gebruik, lijkt eveneens mogelijk en zeer gewenst. Een bedrijf met 40 netlijnen zou tijdelijk 30 circuits (kanalen) kunnen hergroeperen tot een 2Mbit/s dataverbinding om data- of bestandstransport te plegen, of een video-vergadering te beleggen.

Een aantal van deze mogelijkheden berusten nadrukkelijk op de combinatie van digitale bedrijfsmiddelen en het gebruik van computers en CCITT Nr. 7 signalering voor de besturing van het net. In dat verband is het goed om erop te wijzen dat de introductie van CCITT Nr. 7 in Nederland is voorzien in 1988.

Tenslotte nog enige woorden over de grote belofte voor de toekomst, het ISDN.
Dit netwerkconcept gaat uit van een geïntegreerd net met een geïntegreerd dienstenaanbod, gebaseerd op een abonnee-koppelvlak waarop twee 64 kbit/s kanalen voor informatie-transport en een 16 kbit/s kanaal voor de signalering en eventueel 'langzame' data beschikbaar zijn. Behalve spraak wordt voor de eerste te realiseren diensten gedacht aan data (circuit- en t.z.t. ook pakketgeschakeld), snelle facsimile, teletex en (foto-)videotex. Afgezien van het geïntegreerde karakter zijn deze diensten overigens ook nu, zij het met enige snelheids c.q. definitiebeperkingen mogelijk.

Als voorwaarde voor het realiseren van een dergelijk ISDN, dat de verder vooruit kijkenden inmiddels al het "smalband-ISDN" hebben gedoopt, gelden de volgende punten:
- de standaarden van de I-serie CCITT moeten voldoende zijn uitgewerkt en geaccepteerd;
- een 64 kbit/s geïntegreerd digitaal net (IDN) moet beschikbaar zijn;
- daarin moet worden gesignaleerd met CCITT Nr. 7 en het 'ISDN User Part' ISUP) daarvan;
- er moet 'ISDN'-randapparatuur beschikbaar zijn;
- en 'at last but not at least': de markt moet bereid zijn om van de mogelijkheden die het ISDN-concept biedt, tegen de daarvoor te vragen prijzen gebruik te maken.

Dat laatste punt lijkt deel uit te maken van een 'kip-en-ei'-probleem. Wat de overige punten betreft: zoals nu door PTT Telecommunicatie de digitalisering wordt aangepakt, en zoals door de ontwikkelaars en fabrikanten voortvarend wordt gewerkt aan de implementatie van de nodige voorzieningen in hun systemen, is het mogelijk om in 1988 een begin te maken met ISDN in Nederland.

Voordracht gehouden tijdens de 339e werkvergadering.



IR. P. P. 'T HOEN



IR. H. J. HOENDERVANGERS



IR. R. J. MULDER

GENOOTSCHAP VAN PTT-INGENIEURS
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK VAN HET KIvI
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP (339ste werkvergadering)
IEEE BENELUX SECTIE

UITNODIGING

voor de lezingendag op **17 december 1985** en voor de jaarvergadering van de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het KIvI, die gehouden worden in het **Congresgebouw (Sweelinckzaal)** in **Den Haag.**

THEMA: DIGITALE TELECOMMUNICATIE.

PROGRAMMA:

9.30 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 uur:	Opening.
10.05 uur:	**IR. P. P. 'T HOEN**, (PTT-Telecommunicatie); DIGITALISERING IN NEDERLAND.
10.40 uur:	**IR. B. L. DE GOEDE**, (PTT-Telecommunicatie); TOEKOMSTMOGELIJKHEDEN EN INTEGRATIE.
11.15 uur:	Koffiepauze.
11.45 uut:	**IR. K. J. WOUDA**, (AT&T & Philips Telecommunicatie); TRANSMISSIETECHNIEK VOOR HET ISDN.
12.15 uur:	**IR. F. M. v. d. VOORT**, (ITT Nederland); SCHAKELCENTRALES VOOR HET ISDN.
12.45 uur:	Lunchpauze.
14.00 uur:	Jaarvergadering van de Sectie voor Telecommunicatie.
14.15 uur:	**IR. H. J. HOENDERVANGERS**, (Ericsson Telefoon Mij. B.V.); IMPLEMENTATIE VAN HET DIGITALE AXE-SYSTEEM IN NEDERLAND.
14.45 uur:	**IR. R. J. MULDER**, (Philips Telecommunicatie Industrie); KANTOORAUTOMATISERING EN HET ISDN.
15.15 uur:	**IR. A. G. C. VAN BRUGGEN**, (Bestuurslid van de Sectie); UITREIKING PROF. BÄHLERPRIJS 1985 EN LEZING DOOR DE PRIJSWINNAAR **IR. J. KOMMER.**
15.45 uur:	Receptie.

Dagvoorzitter: **IR. P. J. C. HAMELBERG EN PROF. IR. J. L. DE KROES.**

Aanmelding dient te gebeuren door het inzenden van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 50 cent en door overmaking van het verschuldigde bedrag op postrekening 576595 t.n.v. Penningmeester Sectie voor Telecommunicatietechniek te Oosterhout, onder vermelding van „ISDN".

De kosten voor deelname, zonder gebruik van de lunch, zijn voor leden van de organiserende verenigingen nihil. De lunch kost fl. 25,— per persoon. Introducee's zijn voor toegang en lunch fl. 35,— verschuldigd.

Het Congresgebouw is gelegen: Churchillplein 10 te Den Haag. Per tram te bereiken vanaf Centraal Station, met lijn 7 en vanaf Hollands Spoor met lijn 8. Met de auto kunt u de borden Madurodam/Promenade Hotel volgen. Voor parkeren is gelegenheid bij het Congresgebouw.

De Prof. Bählerprijs is door de sectie voor Telecommunicatietechniek ingesteld voor het beste afstudeerwerk op het gebied van de telecommunicatietechniek aan een Technische Hogeschool in Nederland.
Een bestuurslid van de Sectie zal in deze vergadering de prijs voor het studiejaar 1984/1985 uitreiken, waarna de prijswinnaar een korte samenvatting van het afstudeerwerk zal geven. Aansluitend is er een receptie waar alle aanwezigen welkom zijn.

Namens de samenwerkende verenigingen,
Hoogachtend,
Ir. W. F. van Rookhuijzen – Tel. 070 - 814501

TRANSMISSIETECHNIEK VOOR HET ISDN

K.J. Wouda

AT&T en Philips Telecommunicatie Bedrijven bv

Transmission technology for the ISDN. This article deals with the digital transmission technology as required for the Integrated Services Digital Network. The main topic is the realization of a digital customer access using existing two-wire loops, considering the basic techniques, standardization issues, VLSI component realization and the experience thus far obtained with experiments.

Inleiding.

De topologie van het ISDN is sterk gerelateerd aan die van het huidige telefonienetwerk met zijn hierarchische indeling in districtcentrales, knooppuntcentrales en eindcentrales. De digitalisatie van dat netwerk is al geruime tijd geleden begonnen met als oogmerk het meer economisch realiseren van telefoniediensten. Voor de inzet van digitale transmissiemiddelen was dit het eerst relevant op het relatief korte traject tussen DC en KC. Hiervoor zijn 2 Mbit/s systemen ontwikkeld, naderhand opgevolgd door hogere orde systemen met gestandaardiseerde transportcapaciteit van 8, 32, 140 en 560 Mbit/s. In al deze systemen is de basiseenheid van transmissie een 64 kbit/s kanaal waarmee met uistekende kwaliteit een spraakverbinding kan worden overgedragen.

Op dit moment is er een scherp toenemende vraag naar digitale transmissiesystemen; aan de ene kant is dit een gevolg van teruglopende kostprijs t.o.v. die van analoge middelen, aan de andere kant is er een groei te constateren in dienstverlening aan eindgebruikers op basis van digitale dragers. Hieraan wordt structuur gegeven met de invoering van het Integrated Services Digtal Network, een netwerk dat gebruikers toegang geeft tot een ruime klasse bestaande en nog te definieren diensten. De aansluiting aan het ISDN kan plaats vinden met een 2 Mbit/s structuur (Primary Rate Access) - in eerste aanleg bedoeld voor de aansluiting van digitale bedrijfscentrales - dan wel met een 144 kbit/s structuur (Basic Access), bedoeld voor gebruikers met een beperkte kanaalbehoefte. In dit artikel ga ik in op de benodigde transmissietechniek voor aansluiting van een "Basic Access" abonnee met bestaande kabels.

Er zijn een aantal aspecten te noemen, waarin de transmissietechniek hiervoor wezenlijk verschillend is van die toegepast in de bundelgewijze transmissie tussen centrales:

a. de transport capaciteit is (relatief gezien) laag

b. er is slechts één aderpaar ter beschikking voor beide richtingen

c. de apparatuur is bedoeld om per abonnee ingezet te worden

d. er zullen slechts sporadisch regeneratoren worden ingezet

e. de transmissie-eindapparatuur is niet meer separaat te herkennen, maar maakt deel uit van centrale- en abonneeapparatuur.

Gezien de aard van het probleem en de randvoorwaarden, zal de transmissie-elektronica in een zo klein mogelijk aantal chips geintegreerd moeten worden. In de meeste gevallen zullen deze IC's deel uitmaken van de "Network Termination", die door de PTT bij een ISDN abonnee wordt geinstalleerd; aan de centrale-zijde maakt de transmissiefunctie deel uit van een ISDN lijnkaart, waarop een aantal abonnees zijn aangesloten.

De NT geeft een abonnee de aansluitmogelijkheid voor verschillende terminals, die alle van de beschikbare kanaalcapaciteit gebruik maken. De aansluiting (S-interface) zowel als de toegangsprocedures zijn verregaand gestandaardiseerd door de CCITT in de I-serie aanbevelingen.

Van de genoemde aspecten is b. het meest van invloed op de keuze van basisprincipes en uitvoeringsvorm. Overdracht in twee richtingen over één aderpaar is onderwerp geweest van veel discussie; alternatieven waren: tijdverdelings duplex, frequentieverdelingsduplex en adaptieve echocompensatie. In dit artikel ga ik verder niet op deze discussie in; ik vermeld slechts dat wij in een vroeg stadium hebben gekozen voor de methode van echocompensatie, die onbetwist de beste transmissieresultaten geeft, maar tevens het grootste beroep doet op expertise in de realisatie. Om enig inzicht hierin te geven worden in het volgende hoofdstuk de basisprincipes nader belicht.

Adaptieve echocompensatie.

Het principe van adaptieve echocompensatie is in fig. 1 weergegeven.

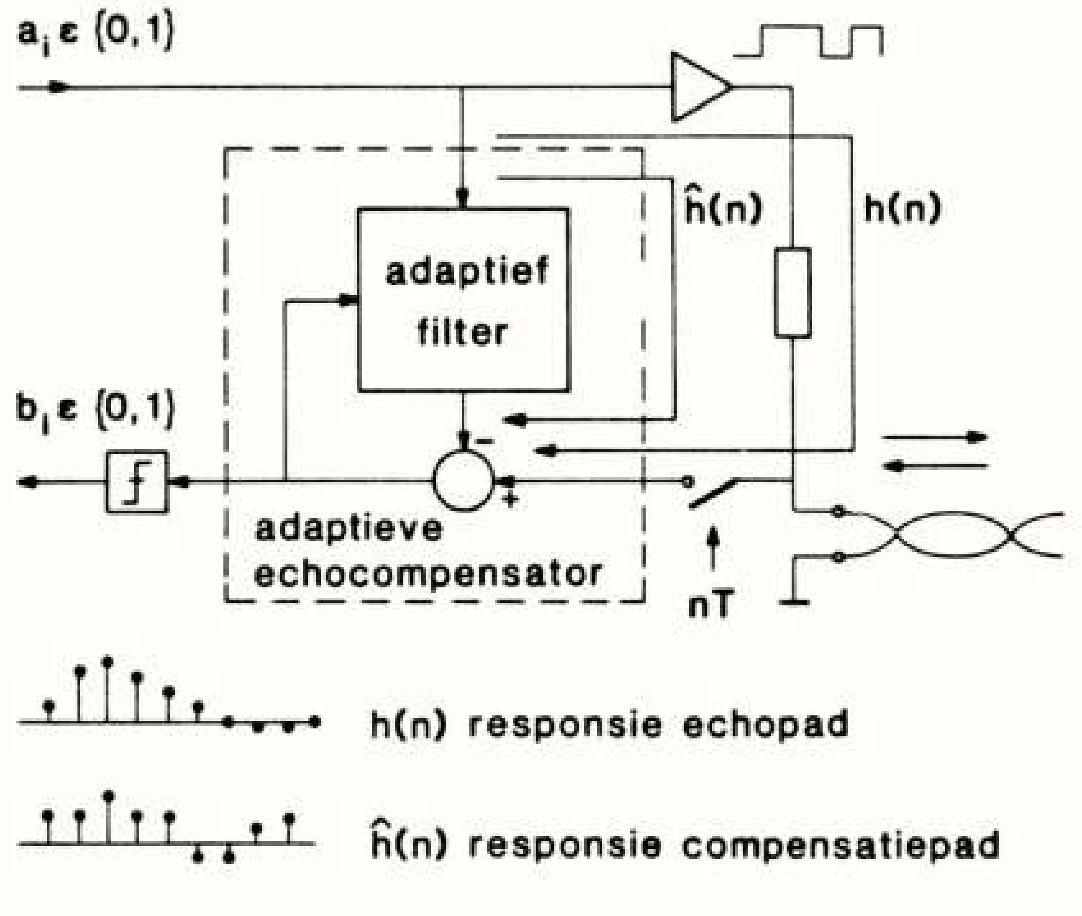


Fig. 1 Het principe van adaptieve echocompensatie.

Zowel zender als ontvanger zijn op de klemmen van het aderpaar aangesloten. Een symboolreeks, die via een aderpaar naar de verre kant wordt gezonden, veroorzaakt op de ingang van de ontvanger een storend signaal (echo), dat sterker is dan het signaal dat van de verre kant komt en gedetecteerd moet worden. De ontvanger is, vooruitlopend op de verdere beschrijving, als een tijddiscrete functie voorgesteld. Het echopad kan men daarom karakteriseren met de tijddiscrete responsie op een eenheidssymbool, h(n). Het totale echosignaal is de convolutie van h(n) met de gezonden symboolreeks. Effectieve onderdrukking van het echosignaal kan men verwachten als men een filter kan maken met een identieke symboolresponsie h(n). Omdat h(n) afhangt van kabeleigenschappen, die onderhevig zijn aan vrij grote tolerantie, mede als gevolg van temperatuurvariatie, is een onder alle omstandigheden effectieve compensatie slechts te bereiken met een adaptief gevormde h(n). Het is de kracht van een adaptieve echocompensator om in een voortdurend proces de mate van compensatie te optimaliseren. Het regelkriterium hierbij is de correlatie tussen de gezonden symboolreeks en het signaal na compensatie.

In principe zijn er twee uitvoeringsvormen van het adaptieve filter (zie fig. 2).

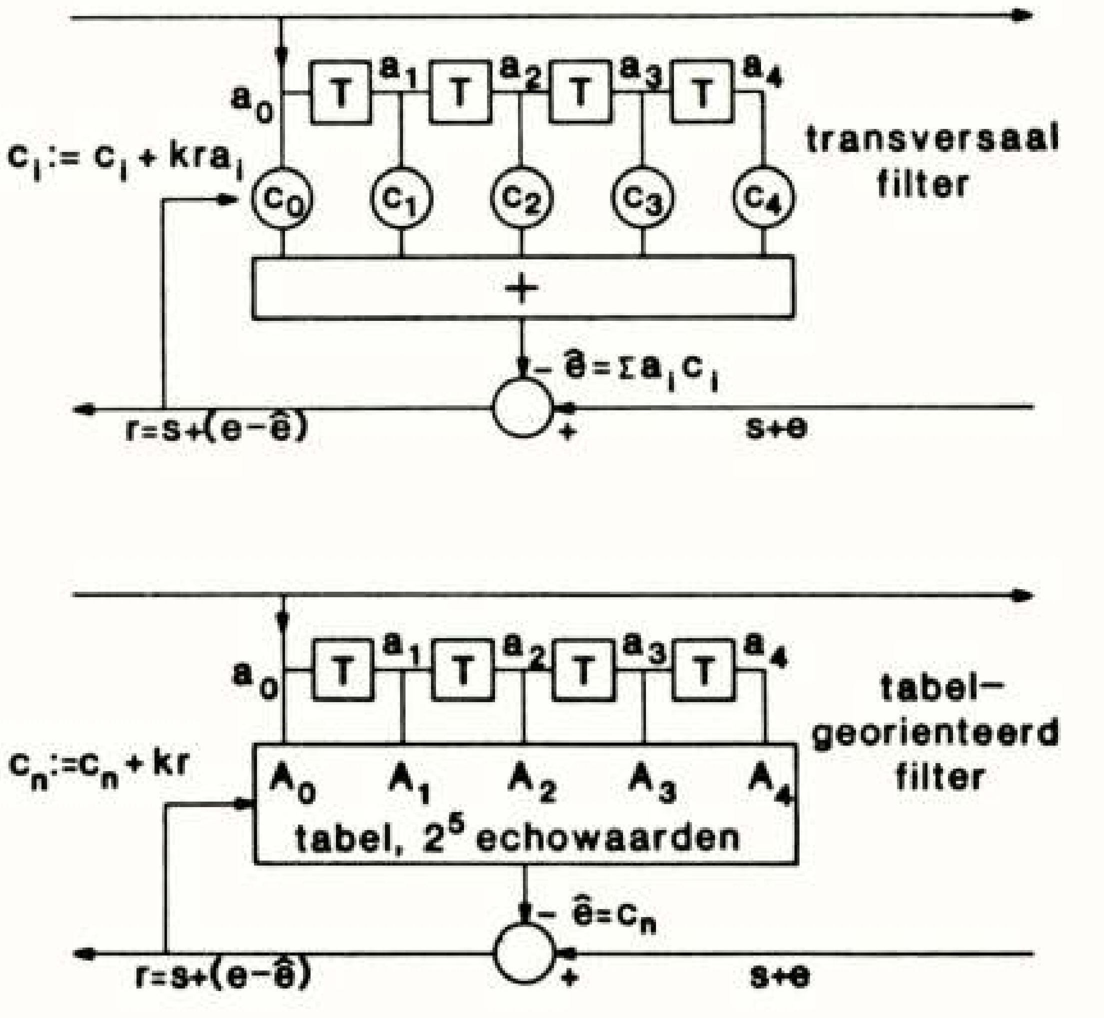


Fig. 2 Mogelijke uitvoeringsvormen van het echocompensatiefilter.

In beide gevallen wordt de gezonden symboolreeks gebruikt om het compenserende signaal ê te bepalen. Omdat h(n) praktisch gezien in de tijd begrensd mag worden verondersteld, kan worden volstaan met een beperkt aantal symbolen, die in een schuifregister worden bewaard. In een filter van het transversale type wordt in de vorm van coefficienten ci een afbeelding bewaard van h(n) en wordt op ieder tijdstip dat een compensatie waarde nodig is de convolutie uitgevoerd met de gezonden symboolreeks ai. Na de compensatie wordt voor alle coefficienten een meer optimale waarde bepaald.

Bij een tabelgeorienteerd filter wordt gepoogd alle voorkomende echowaarden te bewaren; in principe zijn dat de compensatiesignalen ê, in geconvolueerde vorm. Door deze waarden in een tabel op te slaan kan men de actuele reeks van gezonden symbolen gebruiken als een adres voor de benodigde compensatiewaarde. Ook hier wordt na gebruik de waarde in de tabel geoptimaliseerd.

De twee methoden onderscheiden zich op verschillende

aspecten: het transversale filter vereist een hogere verwerkingssnelheid, de tabel-methode neemt meer ruimte in beslag voor opslag van de compensatiewaarden. Een niet onbelangrijk voordeel van de tabelgeorienteerde structuur bij praktische realisatie is, dat deze het echosignaal in zijn geheel compenseert, ook als dat op een niet-lineaire wijze is samengesteld uit de deelresponsies van individuele gezonden symbolen. Dit betekent dat men in de analoog te realiseren delen van het systeem een zekere mate van niet-lineaire vervorming mag toelaten. Dit is van groot belang bijvoorbeeld in het ontvangerdeel, waar zelfs een kleine vervormingscomponent t.g.v. het zendsignaal gemakkelijk even groot zou kunnen worden als het signaal afkomstig van de verre kant.

Experimenteel transmissiesysteem.

Circa drie jaar geleden zijn wij bij ons bedrijf begonnen met de ontwikkeling van een experimenteel transmissiesysteem in een poging om ervaring met deze nieuwe technieken op te doen. We zijn daarbij van de volgende randvoorwaarden uitgegaan:

- 144 kbit/s netto transmissiesnelheid, aangepast aan de ISDN behoefte
- realisatie in IC-vorm
- ingebouwde flexibiliteit en programmeerbaarheid om toepassingsproeven te kunnen uitvoeren.

In het kader van dit experiment zijn twee IC's gerealiseerd [1]; een complete verbinding kan worden gerealiseerd door aan elke kant van een tweedraadslijn de combinatie van deze IC's in te zetten. De IC's bevatten een echocompensator volgens de tabelgeorienteerde structuur; hierbij zijn de tabellen in de vorm van een "Random Access Memory" op het ene (NMOS) IC ondergebracht. De eigenlijke compensatie vindt op het andere (bipolaire) IC plaats, waar het digitaal aangeboden compensatiesignaal eerst in een analoog signaal wordt omgezet.

In het systeem wordt de frequentieafhankelijke demping van de kabel met de "decision feedback" methode geegaliseerd. Volgens deze methode worden de responsiestaarten ten gevolge van voorgaande ontvangen symbolen (die intersymbool interferentie veroorzaken) gecompenseerd door een adaptief filter, dat qua werking en structuur identiek is aan de echocompensator; de symboolvector wordt nu echter gevormd door de reeks meest recent gedetecteerde symbolen.

Met de IC's is een transmissie testopstelling gebouwd [2], waarmee in het laboratorium afstanden tot 6.5 km zijn overbrugd op kabels van het type dat in Nederland als abonneekabel wordt gebruikt. In veel landen - ook in Nederland - is praktisch gezien de maximale afstand tussen abonnee en centrale ca. 5 km.

Vervolgens zijn met deze opstelling in samenwerking met de PTT op een aantal plaatsen in het abonneekabelnet metingen uitgevoerd aan het transmissiegedrag. Vooruitlopend op een volledige evaluatie van deze metingen kan worden vastgesteld dat ook de langere verbindingen een goed gedrag laten zien. De resultaten van een meting in Aalsmeer zijn als voorbeeld in Tabel 1 weergegeven. Hierbij is gedurende 24 dagen op een kabel met een lengte van ca. 4800 meter van 8 systemen het foutgedrag geregistreerd.

datum: 02 07 1985 periode: -24 dagen
plaats: Aalsmeer 34642 minuten
kabellengte: 4800 m 2078517 seconden

syst. no.	beschikbare tijd	"degraded minutes"	"errored seconds"
1	24%	3	28
2	100%	0	50
4	100%	1	9
5	100%	1	8
6	100%	0	5
7	100%	1	24
8	100%	0	4
9	100%	1	16
G821	-	<520	<29900

Tab. 1. Een voorbeeld van resultaten van metingen in het Nederlandse abonneekabelnet.

De metingen zijn volgens de intervalmethode uitrgevoerd die is beschreven in CCITT aanbeveling G 821; op de onderste regel in tabel 1 is tevens aangegeven welk intervalfoutniveau op dit traject nog toelaatbaar zou zijn.

Hoewel in eerste aanleg bedoeld voor experimenten, is de werking zo goed gebleken, dat de IC's in vrijwel ongewijzigde vorm opgenomen konden worden in een digitale bedrijfscentrale, de SOPHO-S van Philips Telecommunicatie Industrie bv, waarin ze de tweedraads verbinding verzorgen tussen digitale terminals en de PABX.

Toepassing in het openbare net lijkt ook alleszins mogelijk; er is echter bij administraties een trend te bespeuren om de keuze van de tweedraads lijninterface niet aan leveranciers over te laten.

Standaardisatie.

Ten behoeve van de definitie van het ISDN is door de CCITT een onderscheid gemaakt tussen referentiepunten en koppelvlakken. Referentiepunten vormen de scheiding tussen functionele eenheden; niet op alle referen-

tiepunten zal een koppelvlak worden gedefinieerd. Voor dit betoog zijn alleen van belang het S-, het U- en het V-referentiepunt (fig 3).

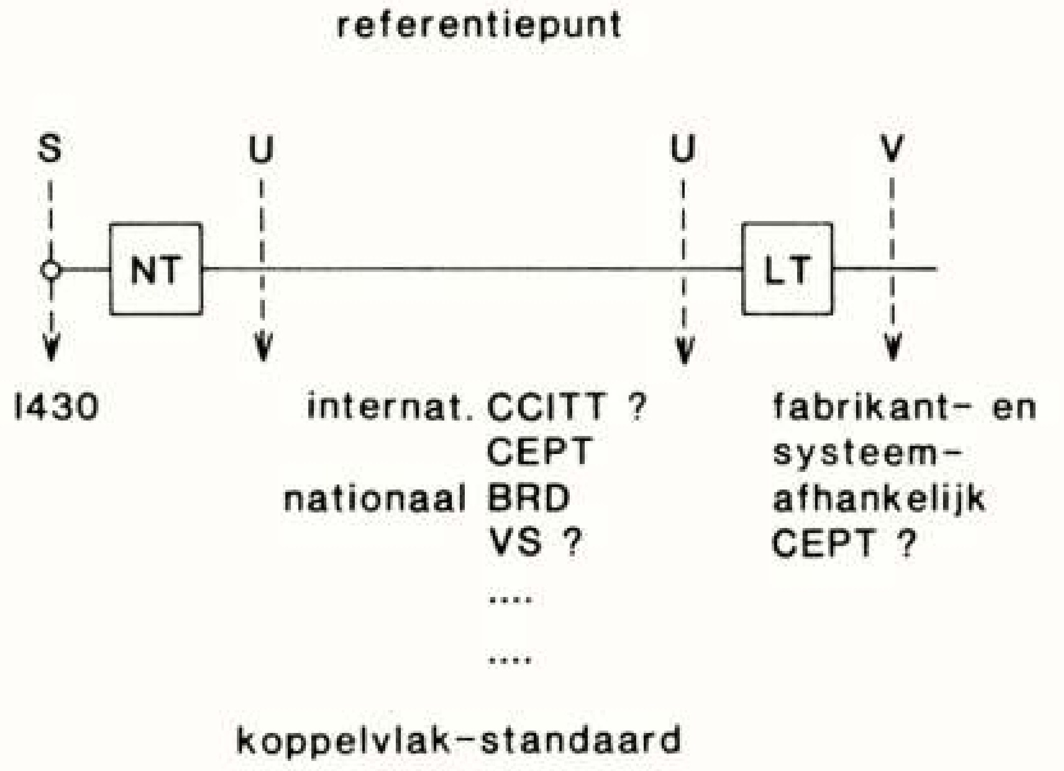


Fig. 3 ISDN refentiepunten en koppelvlakken.

Het S-referentiepunt bevindt zich tussen terminal en netwerk en dit is tevens het punt waar in de meeste landen de scheiding van verantwoordelijkheid tussen PTT en gebruiker wordt gelegd. Vandaar dat voor "S" een standaard koppelvlak is gedefinieerd, vastgelegd in CCITT-aanbeveling I 430.

Het U-referentiepunt bevindt zich op de tweedraadsverbinding tussen abonnee en centrale; in de CCITT is in eerste instantie afgesproken hier geen koppelvlak voor te definieren. Het gevolg van dit besluit is dat er een grote diversiteit ontstaat; sommige landen hebben besloten een eigen standaard te definieren, andere laten de keuze over aan leveranciers.

Het V-referentiepunt is in principe de scheiding tussen tweedraads transmissiefunctie en de kanaaltoegangsfunctie in de centrale. Deze bevindt zich normaal gesproken intern in het systeem; de fysieke realisatie - als die er al is - is naar alle waarschijnlijkheid voor ieder type centrale verschillend.

Deze grote diversiteit aan interfaces leidt tot hoge kosten, zeker in de aanloopfase; bovendien leidt het ontbreken van standaards tot een afwachtende houding van bijvoorbeeld de componentenindustrie. Om de negatieve invloed die hiervan kan uitgaan tot een minimum te beperken, is twee jaar geleden binnen ons bedrijf besloten een componenteninterface te definieren, passend op de functies die voor de ISDN basisaansluiting zijn gedefinieerd (fig. 4). Deze K-interface is gekarakteriseerd door:

- ondersteuning van een universele set functies voor laag 1 van de ISDN basisaansluiting:

  o B- en D-kanalen
  o activeren en deactiveren van de verbinding op U

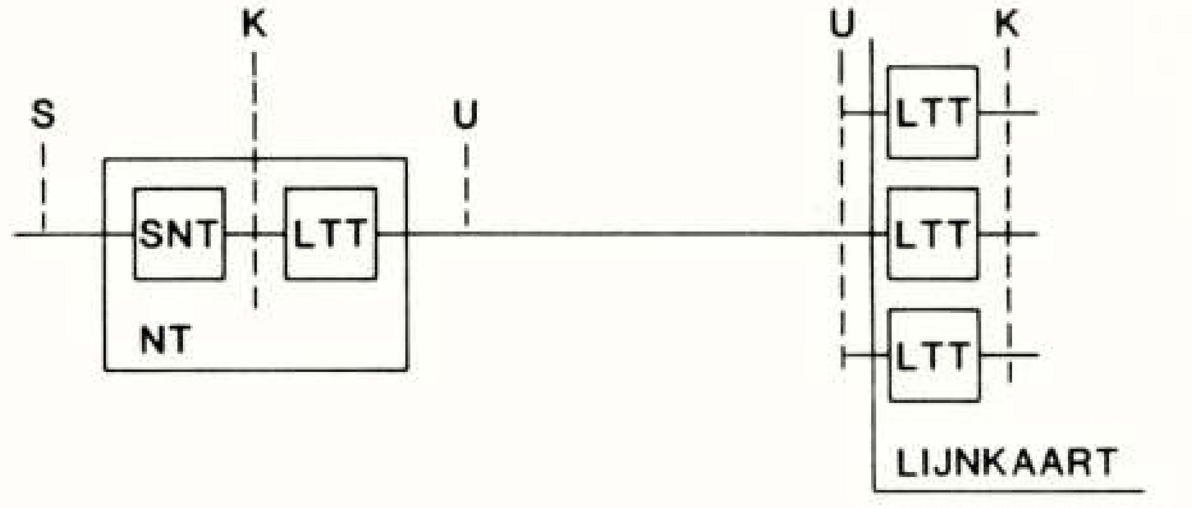


Fig. 4 K: interface voor ISDN componeneten.

  o commando's voor het maken van testlussen
  o het doorgeven van foutmeldingen

- vier CMOS signalen, alle op CMOS-niveau:

  o twee voor B en D kanalen en commando's, 256 kbit/s
  o twee voor synchronisatie, 8 en 512 kHz

Met de vaststelling van deze interface kan men een universeel toepasbare S-interface component (SNT) en per specifieke interface op U een lijntransmissiecomponent (LTT) definieren. Binnen een centrale verkrijgt men het voordeel van een uniform gezicht voor hardware zowel als software.

De eerste toepassing van dit principe vindt plaats in de apparatuur die geleverd wordt voor de ISDN proef, welke in 1986 in de Bondsrepubliek Duitsland zal beginnen.

ISDN proef Bondsrepubliek Duitsland.

De eerste interface op het U-referentiepunt, is vastgelegd door de Bundespost voor toepassing in de bondsrepubliek Duitsland. Bij de opzet is ervan uitgegaan dat alle apparatuur die via deze Uk0 interface moet samenwerken door verschillende fabrikanten geleverd moet kunnen worden geleverd. De belangrijkste eigenschappen van deze interface zijn:

- 4B3T lijncode, 120 kBaud lijnsnelheid

- overbrugde abonneekabelafstanden:
  o 4.2 km op 0.4 mm kabel
  o 8 km op 0.6 mm kabel
  o 14 km met gebruikmaking van een lijnregenerator

- NT, LR en terminal gevoed via de lijn

- procedures voor:
  o activering/deactivering
  o testlussen
  o melding van foutsituaties, o.a. transmissiefouten

In fig. 5 is een overzicht gegeven van de configuraties die als deel van de proef worden geleverd.

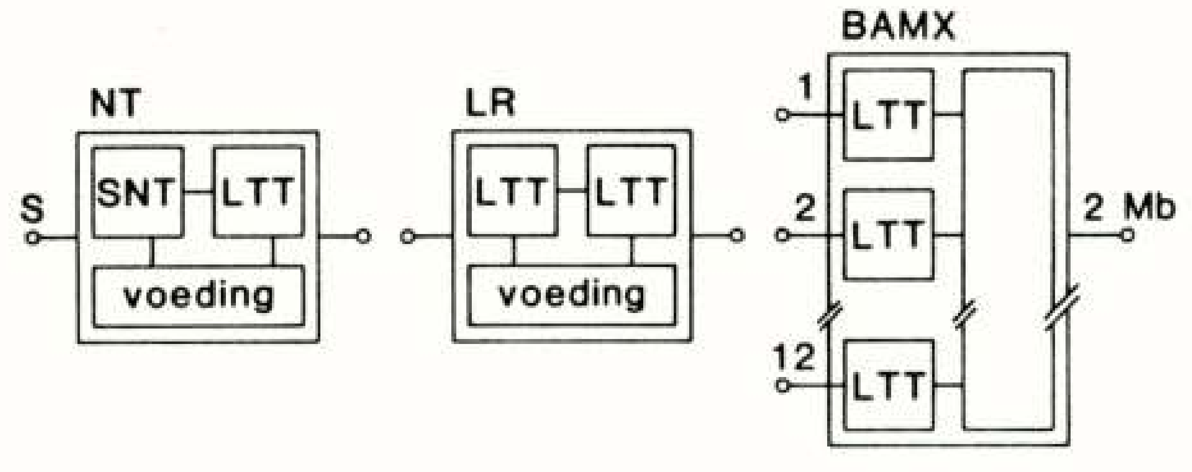


Fig. 5 ISDN proef in Duistland.

Het transmissie-IC, de LTT, wordt door een team van ontwerpers in het Projectencentrum van het Natuurkundig Laboratorium gemaakt.

Implementatiekenmerken van de UkO interface.

Bij de opzet van het telefoonnetwerk in Duitsland heeft men naar een, geografisch gezien, groot verzorgingsgebied voor abonneecentrales gestreefd, met als gevolg dat het kabelnet vrij grote lengten vertoont. Omdat bovendien dunne en hoogcapacitieve kabel is gebruikt, ondervindt een ISDN transmissie-signaal een grote demping welke sterk toeneemt vanaf een frequentie van ca. 50 kHz. Bij de definitie van UkO is hieraan tegemoet gekomen door een lijncode te gebruiken met een laag in de band liggend spectrum. Dit is bereikt door gebruik te maken van een ternaire blokcode, 4B3T, die een seinsnelheid toelaat van 120 kBaud. Deze code brengt echter voor toepassing in een transmissiesysteem met echocompensatie een paar aspecten met zich mee, die bijzondere aandacht verdienen.

Zo geeft de 4B3T code aanzienlijke responsiestaarten in het echopad zowel als in het transmissiepad; dit betekent dat adaptieve filters nodig zijn met een lengte van ca. 100 symboolintervallen als geen bijzondere oplossingen worden gekozen. Een tweede aspect is, dat de 4B3T lijncode vrij sterke correlatieverschijnselen vertoont, hetgeen invloed kan hebben op de nauwkeurigheid waarmee de adaptieve systemen zich kunnen instellen. Ook sterk afhankelijk van de gebruikte code is het klokregeneratiemechanisme; dit kan worden gekwantificeerd in het gemiddelde aantal symboolovergangen. Op dit punt zijn andere codes aanmerkelijk beter dan 4B3T, echter ten koste van een groter beslag van bandbreedte.

Een aspect dat de ontwerpvrijheid voor een transmissie-IC voor de UkO sterk aan banden legt is het beschikbare voedingsvermogen. Vanuit de centrale moet namelijk, bij uitval van het lichtnet in een woning, die elektonica worden gevoed die voor een minimale telefoniefunctie noodzakelijk is: een terminal, de NT en eventueel een lijnregenerator. Dit is slechts haalbaar met een zeer strakke budgettering van het vermogen, als gevolg hiervan is voor voeding van de gehele NT slechts 200 mW ter beschikking.

Deze randvoorwaarden maken het realiseren van een LTT IC tot een uitdaging voor de ontwerper; alleen een gezonde keuze voor systeem en uitwerking, op basis van eerder opgedane ervaring leidt tot een bruikbaar eindresultaat.

Ontwerpfilosofie van de LTT.

Kernpunt in het ontwerp van de LTT is de uitvoeringsvorm en dimensionering van de adaptieve filters. Als gevolg van de eigenschappen van de 4B3T code is de toepassing van een tabelgeorienteerde structuur onpraktisch: een adreslengte zou tientallen bits moeten zijn. Voor de LTT is daarom als basisstructuur een transversaal filter gekozen. Echter ook voor deze structuur is het vereiste aantal coefficienten groot; er zijn daarom enkele bijzondere technieken toegepast om het aantal coefficienten te reduceren. De belangrijkste daarvan is dat in het ontvangpad een hoogdoorlatend filter is gebruikt; dit geeft een verkorting van de responsiestaarten zodat het aantal symoolintervallen waarover gecompenseerd moet worden tot dertig kan worden beperkt.

Verdere beperking is bereikt door het gehele filterproces slechts éénmaal per symoolinterval uit te voeren. Normaal gesproken zou dat een tweede maal moeten gebeuren - met een separate set van coefficienten - om voldoende informatie voor regeling van de klokfase te kunnen verkrijgen. Er is een speciale techniek voor regeling van de klokfase toegepast, die gebruik maakt van het feit dat een symbool zich in de ontvanger al een detectieinterval voor de hoofdwaarde aankondigt met een stijging in het signaal. Door gedecteerde symbolen te correleren met deze signaalwaarden ontstaat een klokfaseregeling, die volledig in de adaptieve systemen is geintegreerd.

Het uiteindelijke doel voor de LTT is een één-chip uitvoering; dit doel mag echter via een tussenstap in een meer-chips uitvoering worden bereikt. Niettemin betekent dit voor de keuze van te gebruiken processen dat bij deze tussenstap alle functies toch in één en hetzelfde proces zullen moeten worden ontwikkeld. Hoewel een aantal analoge functies moet worden verricht geeft het grotere aantal digitale functies de doorslag te kiezen voor een digitaal (CMOS) proces. Een logische consequentie daarvan is dat de analoge functies kwantitatief en kwalitatief tot een minimum moeten worden beperkt en dat die functies gemaakt moeten worden met de processtappen die voor de digitale functies

nodig zijn.

Op grond van deze overwegingen is besloten om de signaalbewerkingsfuncties zo veel mogelijk in het digitale domein uit te voeren; hiermee is het analoge ontwerpprobleem enigermate beperkt tot de conversie tussen analoog en digitaal aan de rand van het systeem.

Het ontwerp van de digitale functies is gebaseerd op een vaste set logische basisfuncties zoals flip-flop, RAM, full-adder e.d., die alle qua interne structuur zo ruim zijn gedimensioneerd, dat ze universeel toepasbaar zijn. Hoewel deze techniek niet tot een minimum aan benodigd silicium oppervlak leidt, weegt het voordeel van de hiermee haalbare verkorting van de ontwerptijd daar ruimschoots tegenop.

De functies die zorgen voor de verwerking van het binnenkomende signaal zijn bepalend voor de complexiteit en zullen daarom nog wat meer in detail worden bekeken.

<u>De functionele structuur van de ontvanger.</u>

In fig. 6 is een functionele indeling weergegeven van het signaalverwerkende deel van de ontvanger.

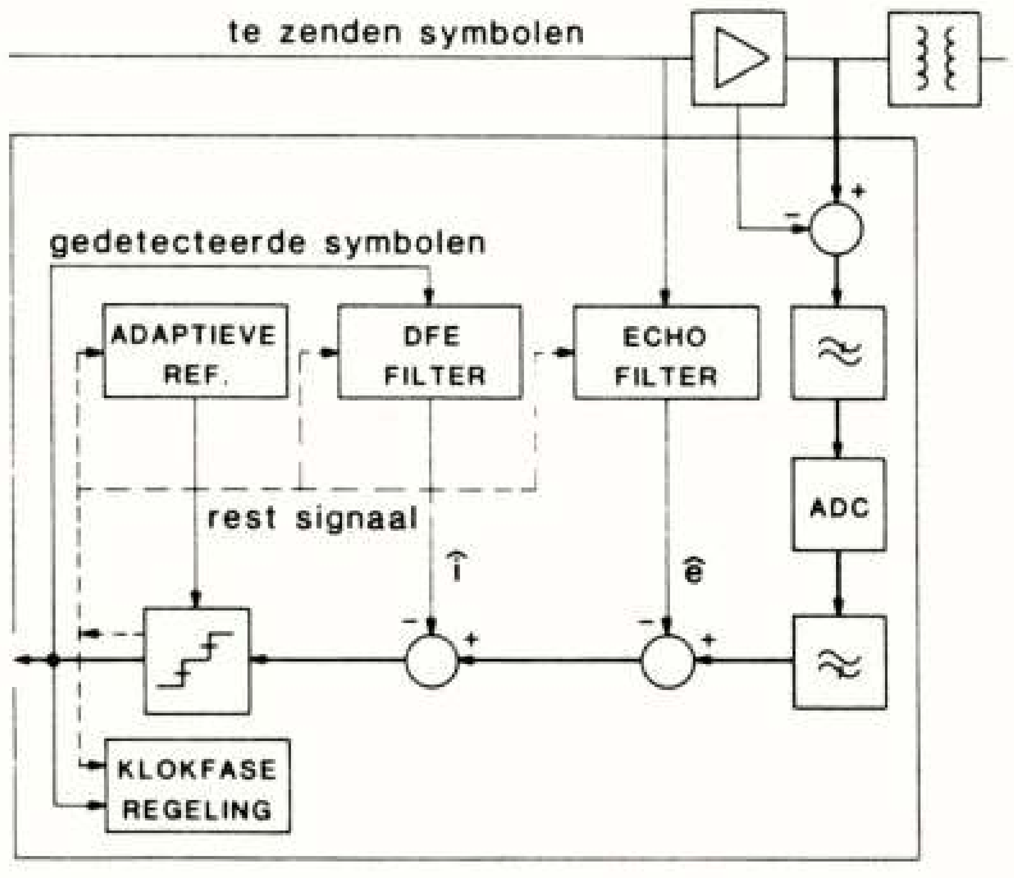


Fig. 6 Functionele structuur van de ontvanger.

Bij de aansluiting met de tweedraadskabel wordt een transformator gebruikt, enerzijds voor bescherming van de elektronica tegen van buiten komende spanningspieken, anderzijds zorgt de transformator voor omzetting van het gebalanceerde signaal op de kabel naar een ongebalanceerd signaal voor de elektronica. Het handhaven van een goede balans in de aansturing van de kabel is van essentieel belang om overspraak op naburige aderparen te vermijden.

In het ontvangpad wordt eerst een vrij grove compensatie van het gezonden signaal uitgevoerd; deze compensatie is bedoeld om de uitstuurniveaus in de ontvanger enigszins te beperken en speelt ook een rol bij het realiseren van een testlus.

Voor de ADC bevindt zich een laagdoorlatend filter, waarmee componenten die buiten de band liggen worden onderdrukt. De ADC heeft een oplossend vermogen van tien bits, waarmee de volledige dynamiek van zowel een korte als een lange kabel kan worden bestreken. Er is een "successive approximation" methode gebruikt voor de omzetting. Om niet afhankelijk te zijn van nauwkeurige componenten wordt de omzetting in twee slagen gedaan; de tweede slag heeft een zodanige capaciteit dat een bij de eerste slag gemaakte fout kan worden gecorrigeerd. Een additioneel voordeel van deze methode is dat de snelheid van verwerking relatief laag kan worden gehouden omdat de tweede slag tegelijkertijd plaats kan vinden met de eerste slag van de volgende omzetting.

In het ontvangpad zorgt vervolgens een hoogdoorlatend "Finite Impulse Response" filter voor verkorting van de responsiestaarten. Daarna worden de geschatte waarden van echo en intersymbool interferentie afgetrokken en kan de detectie plaats vinden.

De detector maakt gebruik van een referentiesignaal, dat ook met een adaptieve regellus wordt geoptimaliseerd. In ingeregelde situatie is dit signaal gelijk aan de halve oogopening en kan zodoende door middel van herhaald optellen en aftrekken worden gebruikt voor het bepalen van het ontvangen symbool en tevens voor het vaststellen van een restsignaal dat door de adaptieve systemen wordt gebruikt om hun instelling te verbeteren. De klokfase - die uiteraard ook het tijdregime in ADC e.d. bepaalt - wordt bijgeregeld op basis van de gedetecteerde symbolen en het restsignaal.

De functionele structuur is in werkelijkheid afgebeeld op een structuur voor digitale signaalbewerking. Dit is gedaan om zo veel mogelijk flexibiliteit te handhaven enerzijds om de verdeling van functies over silicium vrij te kunnen kiezen, anderzijds om naderhand dezelfde structuur te kunnen gebruiken voor het realiseren van een IC met een andere lijninterface.

Uit evaluatie van te verrichten functies is gebleken dat een structuur ontleend aan een universele processor voor signaalbewerking (bijv. TMS 320) slecht past op de bewerkingen die in de LTT moeten worden verricht. Dit is voornamelijk een gevolg van het grote aantal optelbewerkingen dat per symboolinterval moet worden verricht (ca. 250), hetgeen alleen haalbaar is door deelfuncties parallel hun werk te laten doen. Er is daarom gekozen voor een verdeling in een aantal units die ieder vrijwel autonoom hun werk doen aangestuurd door een eigen microprogramma (fig. 7).

In de adaptieve filterunit worden de convolutiebewerkingen uitgevoerd voor het berekenen de van geschatte waarde van echo en intersymbool interferentie, welke op aangewezen tijdsloten via de databus naar

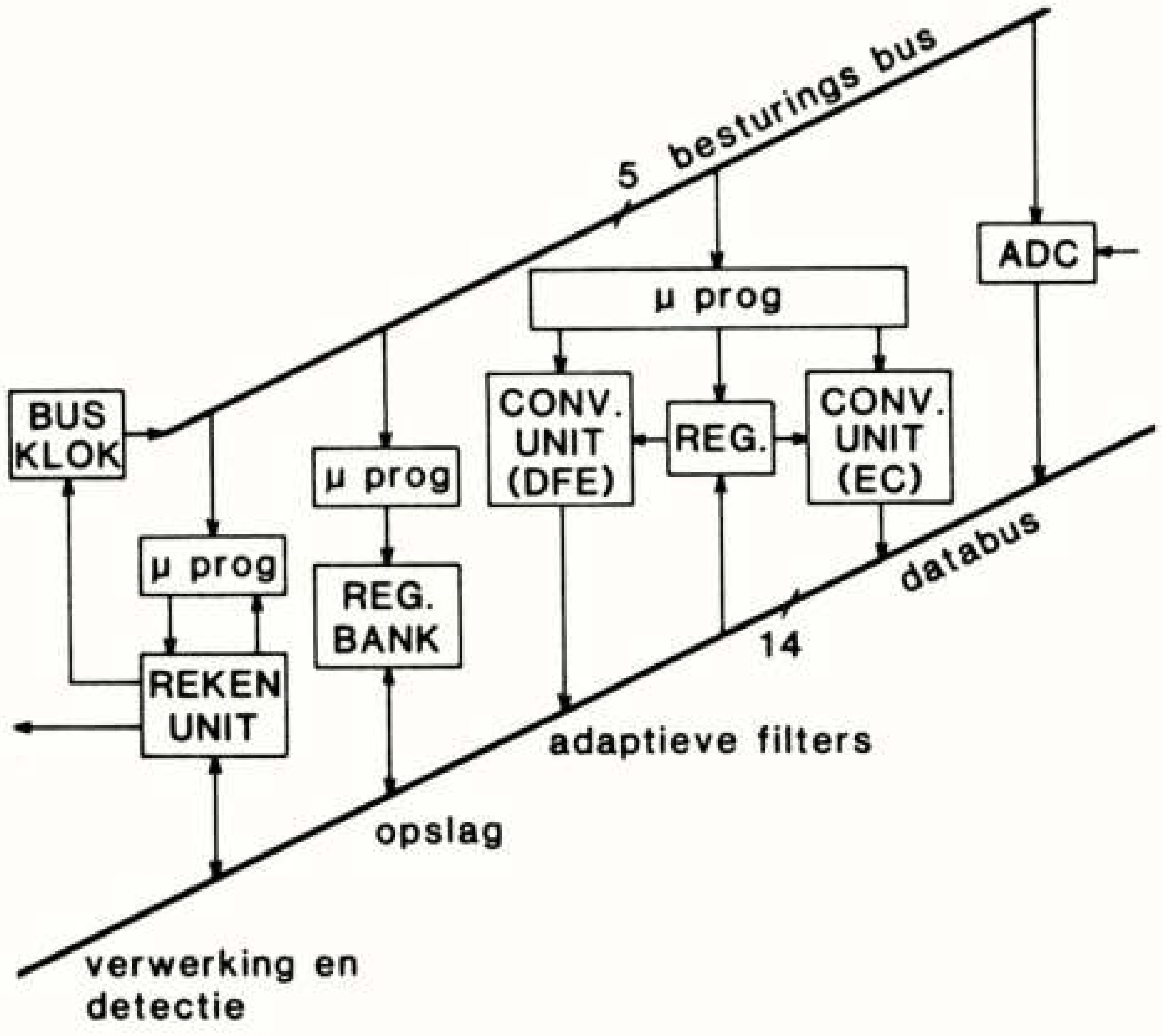


Fig. 7 Digitale signaalbewerkingsstructuur van de ontvanger.

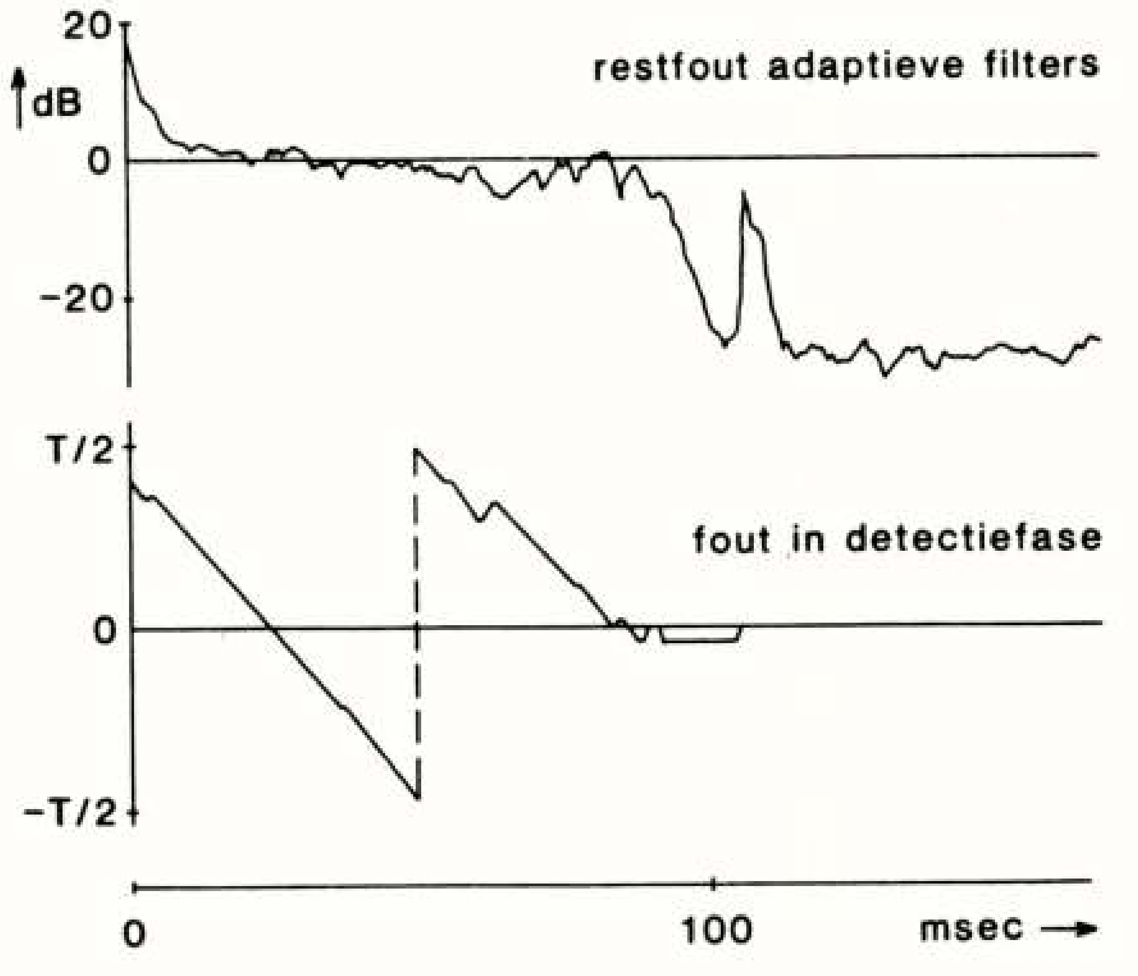


Fig. 8 Het inregelproces van de adaptieve systemen vanuit een "random" instelling van de coefficienten.

de rekeneenheid worden overgebracht. Omdat de functies voor EC en DFE sterk identiek zijn, hebben ze een gecombineerde besturing. De coefficienten zijn opgeslagen in een RAM dat cyclisch wordt geadresseerd. In een register wordt ter plekke de laatste waarde van het restsignaal bewaard om te worden gebruikt voor aanpassing van de coefficienten.

In de rekeneenheid worden alle deelresultaten verwerkt en wordt o.a. de detectie uitgevoerd. Voor het bewaren van diverse tussenresultaten - bijvoorbeeld ten behoeve van klokregeling, hoogdoorlatend filter e.d. - is een registerbank gebruikt.

In de eerste uitvoeringen van de LTT wordt de databus naar buiten uitgevoerd om het mogelijk te maken extern het gehele proces te volgen.

Om tot een goede dimensionering van het systeem te komen zijn systeemsimulaties uitgevoerd; hierin zijn alle delen van het systeem en zijn omgeving (bijv. de kabel) in software nagebootst. Een cruciaal punt dat met deze methode werd uitgezocht is of de diverse regelsystemen ondanks hun onderlinge beinvloeding individueel en ook gezamenlijk tot een correcte eindwaarde convergeren. In fig. 8 is weergegeven het inregelproces met de uiteindelijk gekozen dimensionering, dit met een praktisch gekozen kabellengte en een "random" vulling van de coefficienten bij aanvang. In de bovenste grafiek is als functie van de tijd de som van alle fouten in de adaptieve filters ten opzichte van de amplitude van de hoofdwaarde van het ontvangen signaal weergegeven. In de grafiek daaronder is te zien hoe tegelijkertijd de regeling voor detectiefase verloopt en hoe die uiteindelijk convergeert wanneer de filterfouten onder een zekere drempel zijn gedaald. Pas daarna kunnen de filters verder hun eindwaarde optimaliseren. De hiervoor benodigde tijd van ca. 100 ms zal in de meeste gevallen nog aanzienlijk korter zijn omdat tijdens een gedeactiveerde periode tussen "gesprekken" de laatste instelwaarden in statische geheugens worden bewaard.

Stand van zaken.

Na definieren en dimensioneren is het systeem met behulp van CAD-hulpmiddelen beschreven op gedragsniveau, logisch niveau en op layoutniveau. Aan de layout van de eerste fase - in twee chips - wordt op het moment van schrijven van dit artikel de laatste hand gelegd; de indeling met een weergave van de complexiteit van de deelfuncties is in fig. 9 gegeven. De scheiding is ruwweg gelegd tussen analoge en digitale functies

Van kritische delen, vooral in de analoge functies, zijn met behulp van proefchips voorstudies gemaakt. Van het gehele systeem wordt parallel aan de IC-ontwikkeling een "breadboard"-model opgebouwd. Dit model wordt qua logische functie identiek aan het IC en kan daarom ook als emulator worden gebruikt voor de eerste proeven. Naar verwachting kunnen de eerste systeemproeven met de emulator in januari 1986 worden uitgevoerd, met geintegreerde componenten midden 1986.

Tot besluit.

Technologisch gezien ligt het ISDN voor het oprapen. Dat betekent niet dat alle ingredienten voor een snelle en probleemloze invoering beschikbaar zijn. Sterk

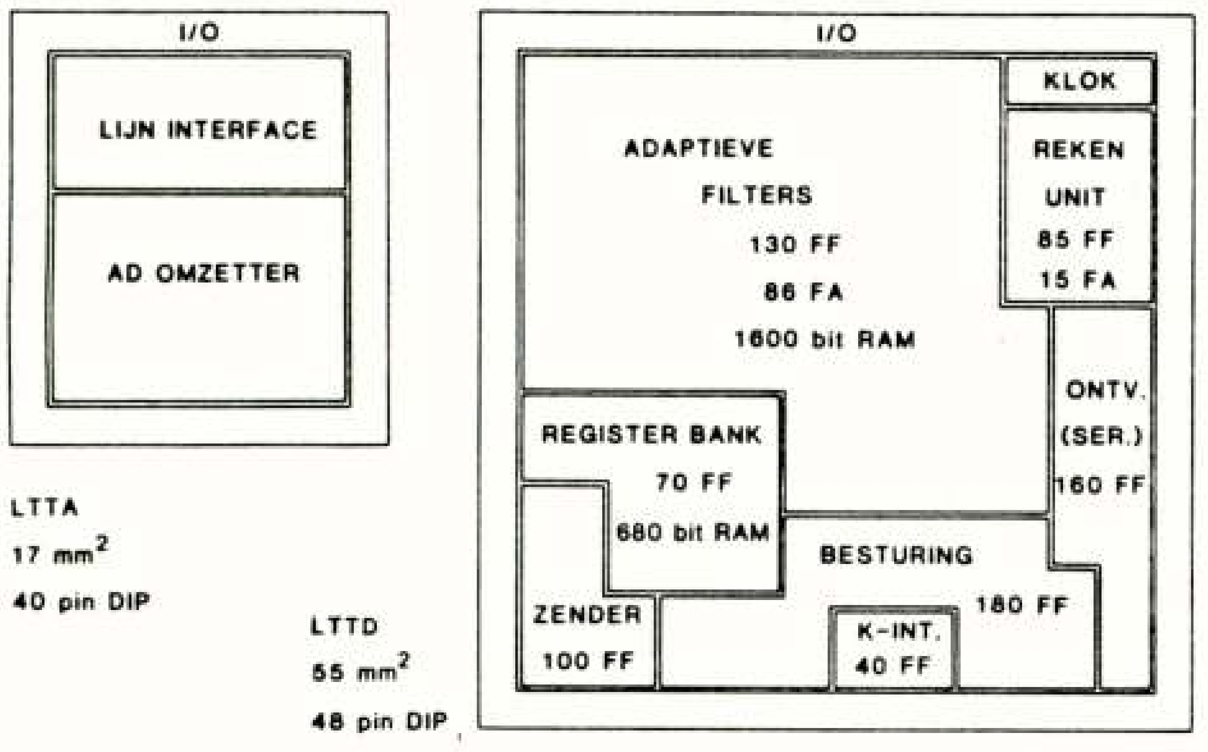


Fig. 9 Het "floorplan" van de twee IC´s (FF: flipflop, FA: full-addercel).

vereenvoudigend kan men stellen dat voor een ISDN benodigd zijn: digitale schakel- en transmissiemiddelen waarmee het netwerk kan worden opgebouwd, eindapparatuur geschikt voor aansluiting aan dat netwerk, diensten die de mogelijkheden van het ISDN zo goed mogelijk benutten en dat alles voor een prijsniveau dat bereikbaarheid voor zakelijk zowel als particulier gebruik waarborgt.

Uit een veelheid aan publiciteit kunt u ervaren dat er bij systeemfabrikanten en bij PTT´s hard wordt gewerkt aan het verwezenlijken van het netwerk; uit mijn betoog mag U afleiden dat een klein maar niet onbelangrijk onderdeel daarvan, een ISDN abonneeaansluiting, binnenkort tegen lage kosten kan worden gerealiseerd.

De ontwikkeling van diensten en terminals voor het ISDN geeft kennelijk veel minder aanleiding tot publiciteit. Over het algemeen wordt in het kader van de invoering gesproken over een aantal bestaande diensten dat via een ISDN met een betere prijs-prestatieverhouding kan worden geleverd (facsimile, viditel, etc.). Hoewel dit de invoering mogelijk al voldoende motiveert rijst onvermijdelijk de vraag of het ISDN op dienstengebied wel iets wezenlijk nieuws te bieden heeft.

Als men echter de invoering van andere infrastructuren probeert te volgen - en het ISDN is zeker gedefinieerd als een nieuwe infrastructuur - dan blijkt veelal het uiteindelijk gebruik, kwalitatief en kwantitatief, niet vooraf voorspelbaar te zijn geweest. Steeds weer is gebleken dat zodra de technische mogelijkheden zichtbaar waren gemaakt fantasie en handelsgeest leidden tot nieuwe en onverwachte toepassingen. In deze tijd, waarin velen alert zijn op nieuwe produkten en markten, kan het niet uitblijven dat het ISDN ontdekt gaat worden als basis voor vernieuwing.

Literatuur:

[1] K.J. Wouda: "An implementation of a 144 kbit/s transmission system for two-wire loops", Trends in Telecommunication, Vol. 1, 1985, 55-66 (Nr. 1).

[2] S.J.M Tol, K.J. Wouda: "Realisation of an ISDN transmission field trial in the Dutch local telephone network", Trends in Telecommunication, Vol. 1, 1985, 67-74 (Nr. 1).

Geldrop, maart 1986.

Voordracht gehouden tijdens de 339e werkvergadering.

IMPLEMENTATIE VAN HET DIGITALE AXE-SYSTEEM IN NEDERLAND

Ir. H.J. Hoendervangers
Ericsson Telefoonmaatschappij B.V.

Implementation of the digital AXE system in the Netherlands. Since the introduction in 1979 of AXE in the Netherlands the system evolved continuously. A great number of new functions was added, but also the digitalization within the system continued. This contribution will focus on the most important functions that are implemented in the Netherlands and in particular are the digital aspects illustrated.

SYSTEEMOPBOUW

Het AXE-concept is ontstaan in het begin van de 70'er jaren uit de ervaringen opgedaan met eerdere SPC-systemen. Het accent bij de ontwikkeling werd daarbij gelegd op het minimaliseren van de totale kosten.
Uitgangspunt was dat de kosten voor ontwikkeling, produktie, installatie en onderhoud een belangrijkere rol speelden dan de hardware-kosten. Er bestond n.l. al een duidelijke tendens dat de hardware-kosten, met in het bijzonder de halfgeleiders, sterk zouden afnemen en dat die ontwikkeling zich ook zou voortzetten. Daarnaast werd er in die periode al druk gediscussieerd over allerlei mogelijke nieuwe diensten. Uit deze overwegingen volgde dan ook een systeem dat modulair opgebouwd is, teneinde de technologische en functionele ontwikkelingen te kunnen volgen.

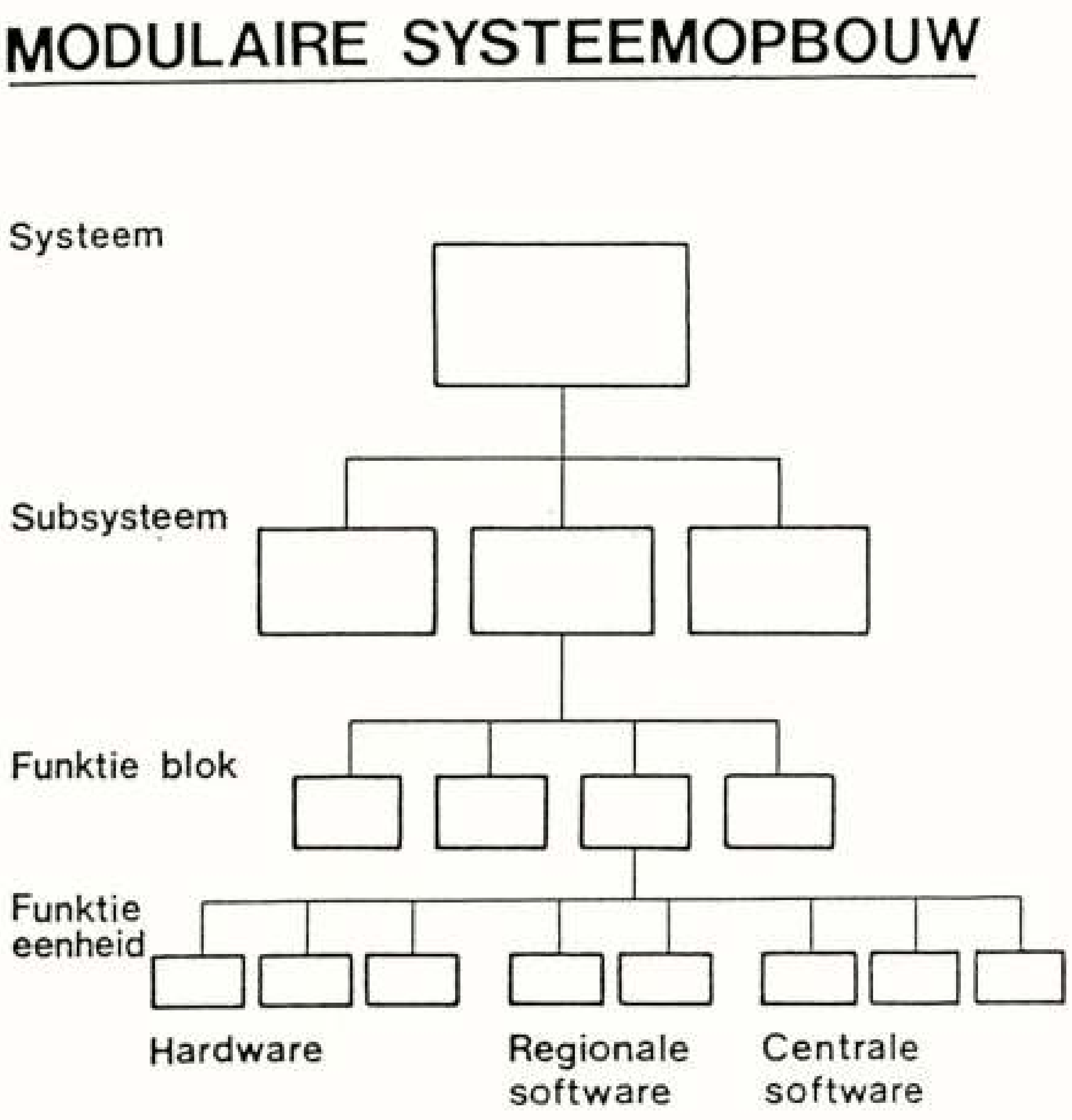


Fig.1 De functionele structuur in AXE

De functionele opbouw vormt in het systeem een hiërarchische 4-lagen structuur (fig.1) bestaande uit: systeem - subsysteem - functieblok en functie-eenheid. In deze structuur kan een functie-eenheid bestaan uit hardware en/of software, afhankelijk van de rol die deze functie vervult. Zowel in de hardware als in de software is de modulariteit dus doorgevoerd.

Op systeemniveau kunnen we een eerste opsplitsing maken in besturings- en telefoniesysteem (fig.2). Deze zijn op hun beurt weer onder te verdelen in een aantal subsystemen.

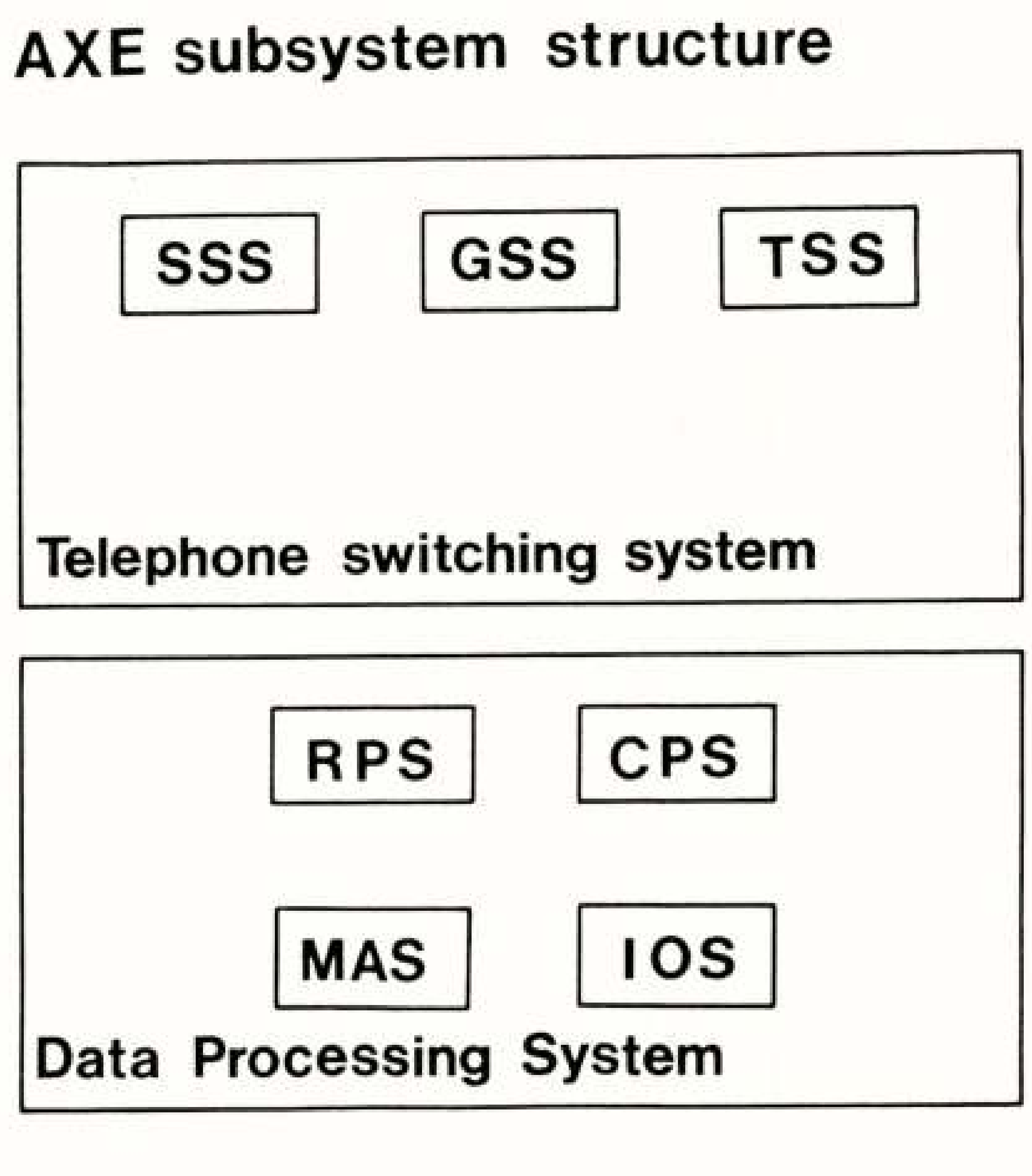


Fig. 2
De belangrijkste subsystemen

De belangrijkste subsystemen zijn:
CPS: (Central Processing Subsystem),
de centrale processor.
RPS: (Regional Processor Subsystem),
de gedecentraliseerde processoren.
IOS: (In- en Output Subsystem),

de functies om met het systeem te kunnen communiceren.

MAS: (Maintenance Subsystem), de onderhoudsfuncties

GSS: (Group Switching Subsystem), de groepschakeltrapfuncties

TSS: (Trunk Signalling Subsystem), de overdragersfuncties voor de samenwerking met andere centrales.

SSS: (Subscriber Switching Subsystem), de abonneefuncties.

Al deze subsystemen zijn zelfstandig in die zin dat een verandering in een bepaald subsysteem de andere subsystemen niet beinvloedt.

CPS/RPS

De besturing van het telefoniesysteem wordt dus uitgevoerd door de subsystemen CPS en RPS.
CPS bestaat uit één gedupliceerde processor waarvan beide helften synchroon parallel werken. Dit geeft een grote betrouwbaarheid en maakt foutlokalisatie eenvoudiger.

andere processor.

GSS

Voor wat betreft het "Group Switching Subsystem, de groepschakeltrap, is de ontwikkeling ervan gestart met een analoge versie die in 1976 ter beschikking kwam. De digitale versie is, doordat de ontwikkeling grotendeels parallel met de analoge is uitgevoerd, al snel daarna gevolgd en wel in 1978. Er zijn dan ook maar weinig landen waar de analoge toegepast wordt.

Ook de Nederlandse PTT heeft in 1979 besloten om, op grond van de te verwachte ontwikkelingen, de digitale groepschakeltrap toe te gaan passen. Deze digitale groepschakeltrap is gebaseerd op het tijd-ruimte-tijdprincipe en schakelt 8 bits parallel. De "tijd"schakelaars bestaan uit een aantal TSM's (Time Switch Modules) waarop 16 2 Mbit PCM-systemen aangesloten kunnen worden (fig.4). De "ruimte"schakelaars bevinden zich in de SPM (Space Switch Module). De TSM's en SPM's zijn volledig gedupliceerd om veiligheids-

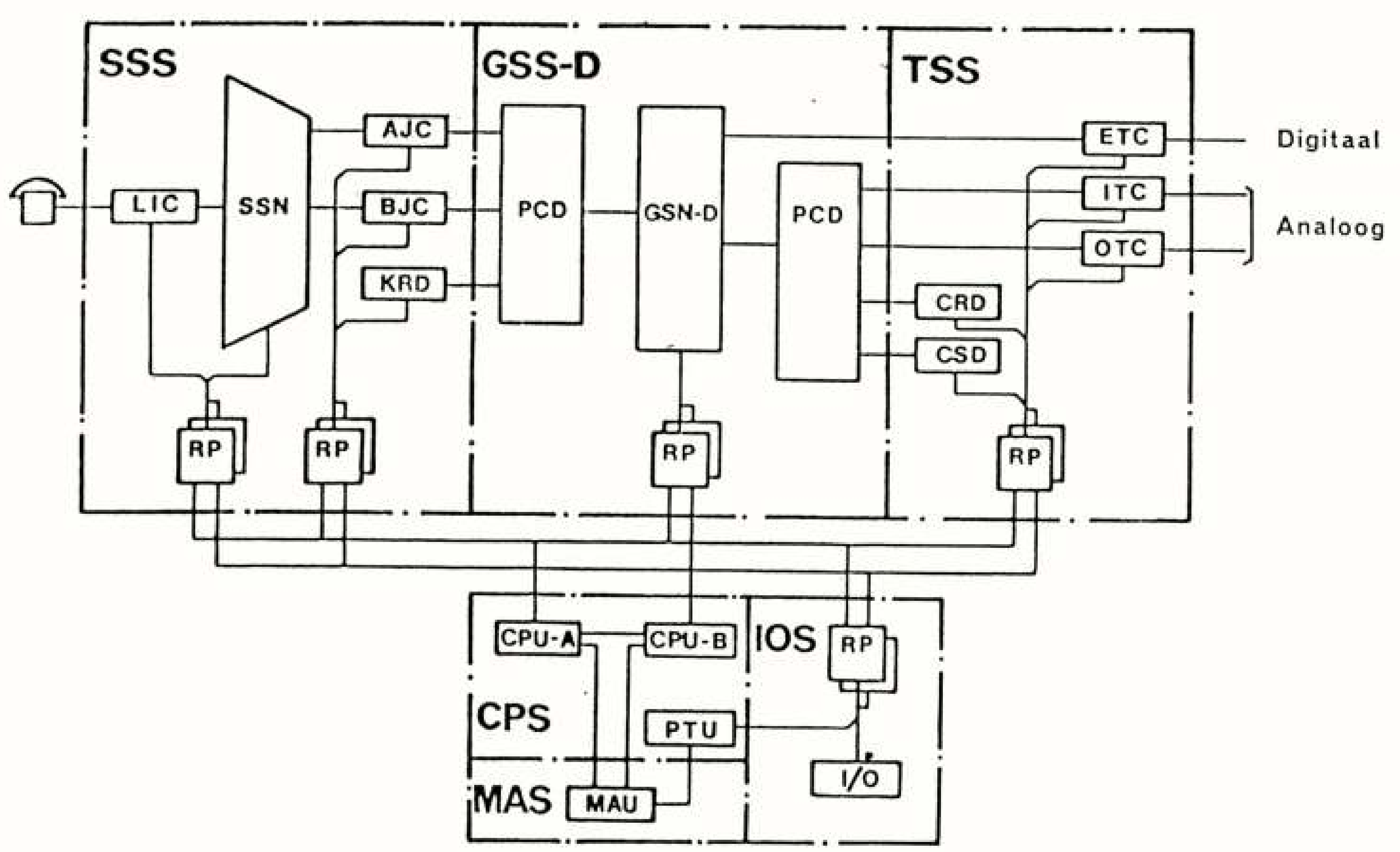


Fig.3 Opbouw van een lokale en gecombineerde centrale

De centrale processor verricht de gecompliceerde bewerkingen en delegeert de meer eenvoudige taken aan de gedecentraliseerde "regionale processoren". Deze besturen op hun beurt de telefoniedelen SSS, GSS en TSS (fig.3).
Ook de regionale processoren zijn geduplicеerd maar besturen wel, onder normale omstandigheden, ieder een deel van de bijbehorende apparatuur.

Daar echter de apparatuur verbonden is met beide regionale processoren kan, in geval van storing, de besturing overgenomen worden door de

redenen.
Voor de synchronisatie wordt gebruik gemaakt van een drietal klokken (CLM's) die door toepassing van PLL-technieken bestuurd en bijgeregeld kunnen worden door de Regionale Processoren.

Indien ee n analoog apparaat aangesloten moet

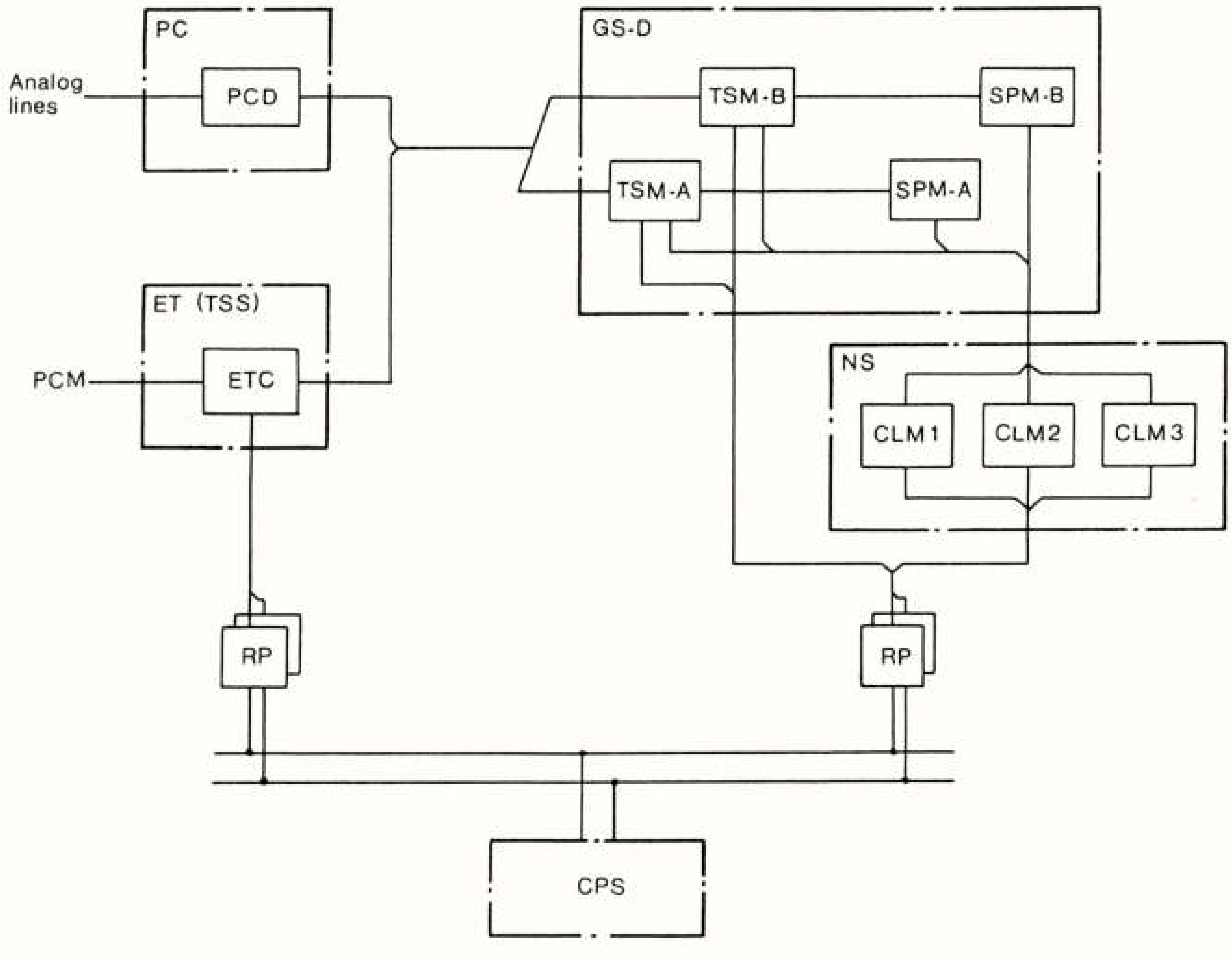


Fig. 4 Opbouw van de groepschakeltrap

worden, is er een analoog-digitaal conversie nodig. Dit vindt plaats in de z.g. PCD (Pulse Code Device). PCM-verbindingen worden aangesloten via een ETC (Exchange Terminal Circuit). De overige eigenschappen van de groepschakeltrap zijn:

- Een maximale capaciteit van 16K aansluitingen.
- Een verwaarloosbaar kleine blokkeringskans.

TSS

Tot het TSS-gedeelte behoren de analoge inkomende (ITC) en uitgaande (OTC) overdragers en de digitale (ETC) overdragers. Ook de codezenders en -ontvangers, die gebruikt worden bij MFC-signaleringen, maken deel uit van TSS.

SSS

In het "Subscriber Switching Subsystem" bevindt zich de apparatuur voor de samenwerking met de aangesloten abonnees:

AJC A-junctor circuit
BJC B-junctor circuit
KRD Keytone-Reception Device
LIC Line Interface Circuit
SSN Subscriber Switching Network, de abonneetrap opgebouwd uit reed-relais.

Implementatie

In 1980 is de eerste AXE-centrale in dienst gesteld in de beschreven configuratie, echter toen nog alleen met analoge overdragers. Doordat de groepschakeltrap "4-draads"-verbindingen kan schakelen en in de software de mogelijkheden aanwezig waren ook transietverkeer te verwerken, was het ook mogelijk AXE als gecombineerde- of transietcentrale toe te passen. De eerste toepassing hiervan werd gerealiseerd in Terneuzen in 1980.

De volgende stap in de verder gaande digitalisering was de toepassing van PCM-verbindingen. De eerste digitale link tussen 2 AXE-centrales ging in bedrijf begin '82 waarbij voor het eerst in Nederland het duidelijke onderscheid tussen transmissie en schakeltechniek verloren ging. Nadien is het aantal PCM-verbindingen snel toegenomen. Momenteel zijn er 49 centrales geinstalleerd met in totaal 340.000 abonnee-aansluitingen.

In fig. 5 is de verdeling aangegeven over de districten Breda, Goes en Rotterdam en wordt het aantal abonnees, overdragers en GSS-aansluitingen vermeld.

In het voorgaande is steeds gesproken over AXE waarbij voornamelijk gebruik gemaakt wordt van MSI-technieken. Op dit moment worden er produkten geintroduceerd waarbij gebruik wordt gemaakt van gate arrays, microprocessoren e.d.. Zij worden toegepast in een nieuwe generatie van processoren: de APZ 211 en de APZ 212. Een voorbeeld van een APZ 212-kaart wordt in fig. 6 getoond. De APZ 212 is de krachtigste

OVERZICHT LOKALE EN GECOMBINEERDE CENTRALES

District	Aantal centrales	Aantal abonnee lijnen	Aantal overdragers	Aant.GSS aansl.
Rotterdam	25	152.576	13.482	39.936
Breda	17	137.728	8.396	28.160
Goes	7	49.664	3.496	14.848
totaal	49	339.968	25.374	82.944

Fig.5 Geinstalleerde AXE centrales

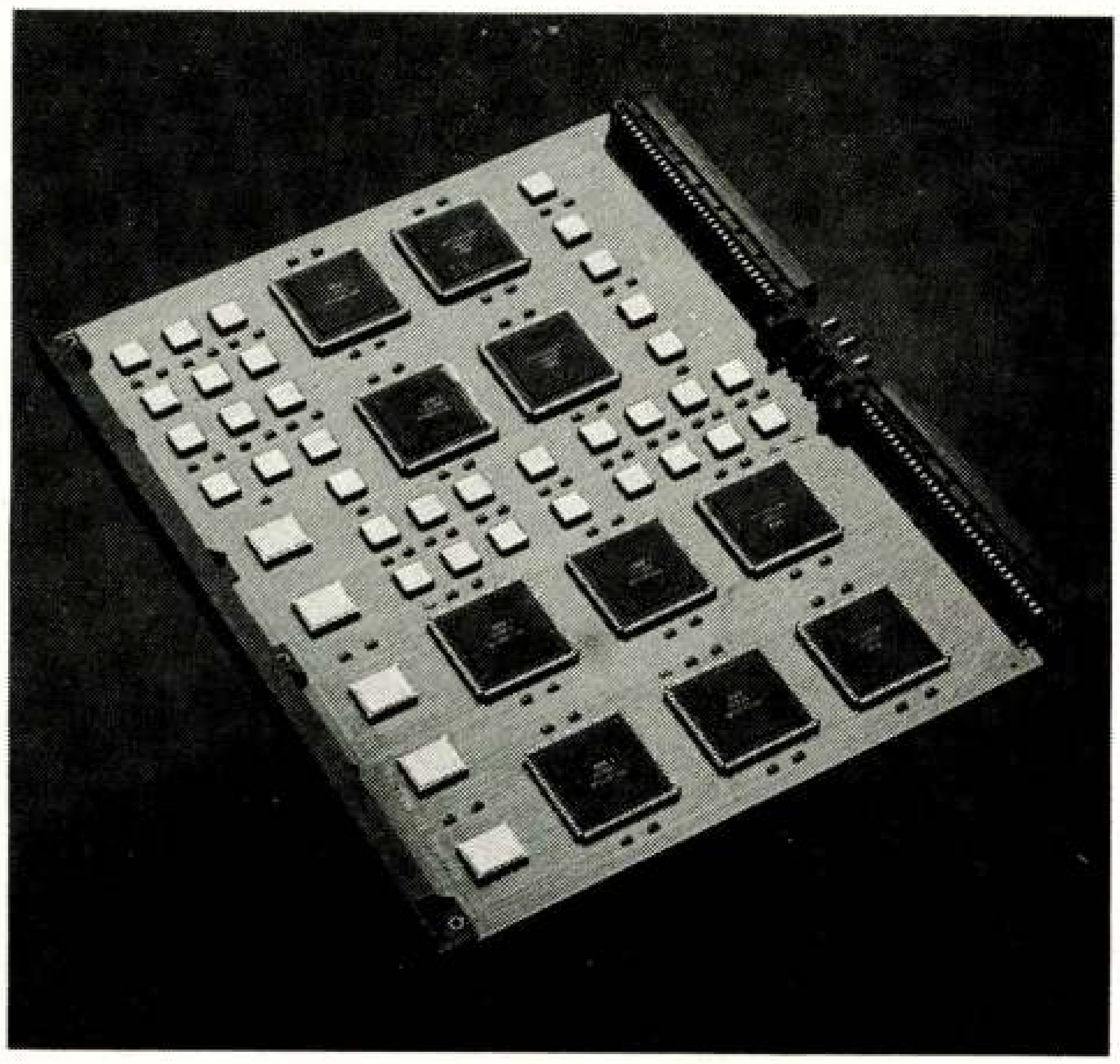


Fig.6 Voorbeeld APZ 212-kaart

machine en heeft een capaciteit van 800.000 BHCA, wat 6x hoger ligt dan die van de APZ 211. De belangrijkste eigenschappen zijn verder:

- Een maximale geheugengrootte voor de APZ 212 van 12MW-16b en voor de APZ 211 van 4 MW-16b.
- Een belangrijke volumereductie. Voor de APZ 211 zelfs 80% ten opzichte van de vorige generatie.
- De dissipatievermindering.
- Een grotere betrouwbaarheid door reductie van het aantal printkaarten.
- Verbeterde foutendiagnose en bediening.
- Volledige geschiktheid voor toepassing van alle nu reeds beschikbare software.

Beide processoren zijn nu beschikbaar en de eerste APZ 211 zal eind december (1985) in Arkel in bedrijf gaan.

Verdere digitalisering

Beschouwen we het telefoniedeel in AXE op dit moment van de nummercentrales, dan zien we dus een digitale groepschakeltrap, een gedeeltelijk digitaal overdragerdeel en een analoge abonneetrap. De volgende stap die genomen kan worden in de verdere digitalisering, is de digitale abonneetrap. Dit betekent dat de analoog-digitaal conversie niet achter maar voor de concentrator trap komt te liggen, hetgeen een analoog-digitaal conversie per abonneelijn tot gevolg heeft (fig.7).

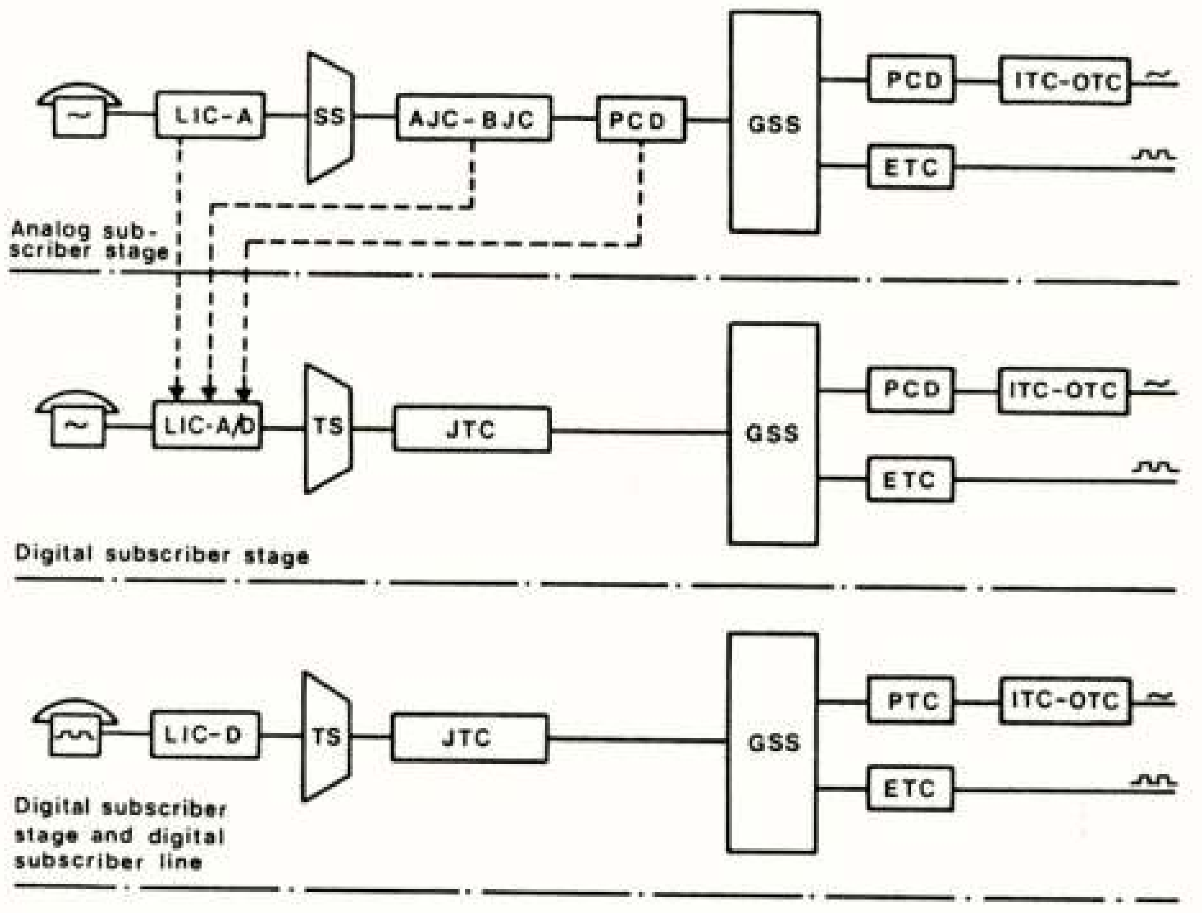


Fig.7 Verschillende fasen in de digitalisering van de abonneeschakeltrap

Daar achter volgt dan een tijdschakelaar (TS) en een overdrager circuit (JTC) voor koppeling op de groepschakeltrap.

De stap die daarna genomen kan worden, is de digitale abonneelijn. ISDN-functies worden dan mogelijk. Een aantal veldproeven is hiermee reeds uitgevoerd. Maar de eerste te nemen stap is dus de digitale abonneetrap.

De eerste versie kwam beschikbaar in 1981. Hierbij werd gebruik gemaakt van standaard op de markt verkrijgbare A/D convertors en componenten. In de uitvoering, zoals deze in 1986 in Nederland toegepast gaat worden, bevinden zich speciaal ontwikkelde VLSI-componenten: de SLIC (Subscriber Line Interface Circuit) en de SLAC (Subscriber Line Audio-processing Circuit).

Fig.8 toont de kaart die de interfacing naar de abonnee verzorgt. De SLIC en SLAC bevinden zich op de hybride circuits. Slechts 2

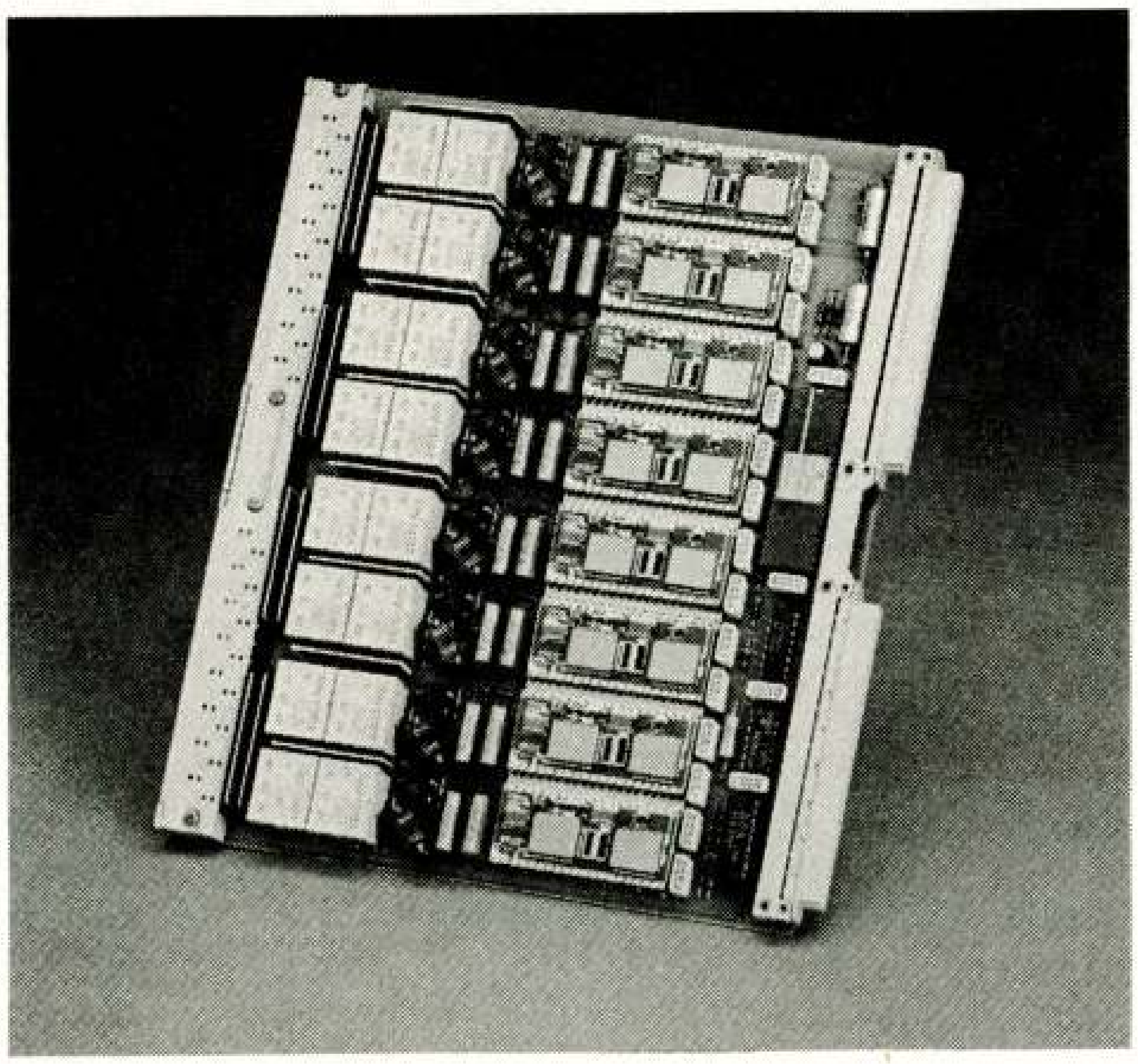


Fig.8 Kaart voor verzorging van de interfacing naar de abonnee

relais per abonneelijn zijn er nodig ten behoeve van de belstroom en de abonneelijntest. De overspanningsbeveiligingen bevinden zich naast de relais. Door deze compacte opbouw zijn 8 abonnee-aansluitingen per kaart mogelijk. Een ander aspect, wat nieuw is in de structuur van AXE, is het gebruik van een microprocessor per kaart; een z.g. device processor. Daardoor zijn in de besturing van AXE 3 niveaus ontstaan:

- De centrale processor.
- De regionale processor en de
- Device processor.

De digitale abonneetrap geeft ook de mogelijkheid deze op afstand te plaatsen en via een aantal PCM-verbindingen op de z.g. moedercentrale aan te sluiten. Dit is economisch gezien vooral interessant voor kleine centrales en de eerste toepassingen richten zich dan ook hierop.

Bijzondere toepassingen van AXE

Naast de toepassing van AXE als lokale en gecombineerde centrale kennen we hier in Nederland nog een 3-tal andere toepassingen:

- Internationale centrales in Amsterdam en Rotterdam.
- De autotelefooncentrale.
- De BTD-centrale.

Het besturingssysteem en de groepschakeltrap zijn voor deze 3 toepassingen gelijk. Alleen de capaciteit ervan is groter dan voor de lokale centrales: de processoren hebben een grotere verwerkings- en geheugencapaciteit en de groepschakeltrap heeft maximaal 64K aansluitingen.

In de internationale centrales is het TSS-subsysteem uitgebreid met de internale signaleringen R2, C5 en C6. Naast de analoge variant voor R2 en C5 zijn ook de digitale versies in het systeem gerealiseerd (fig.9).

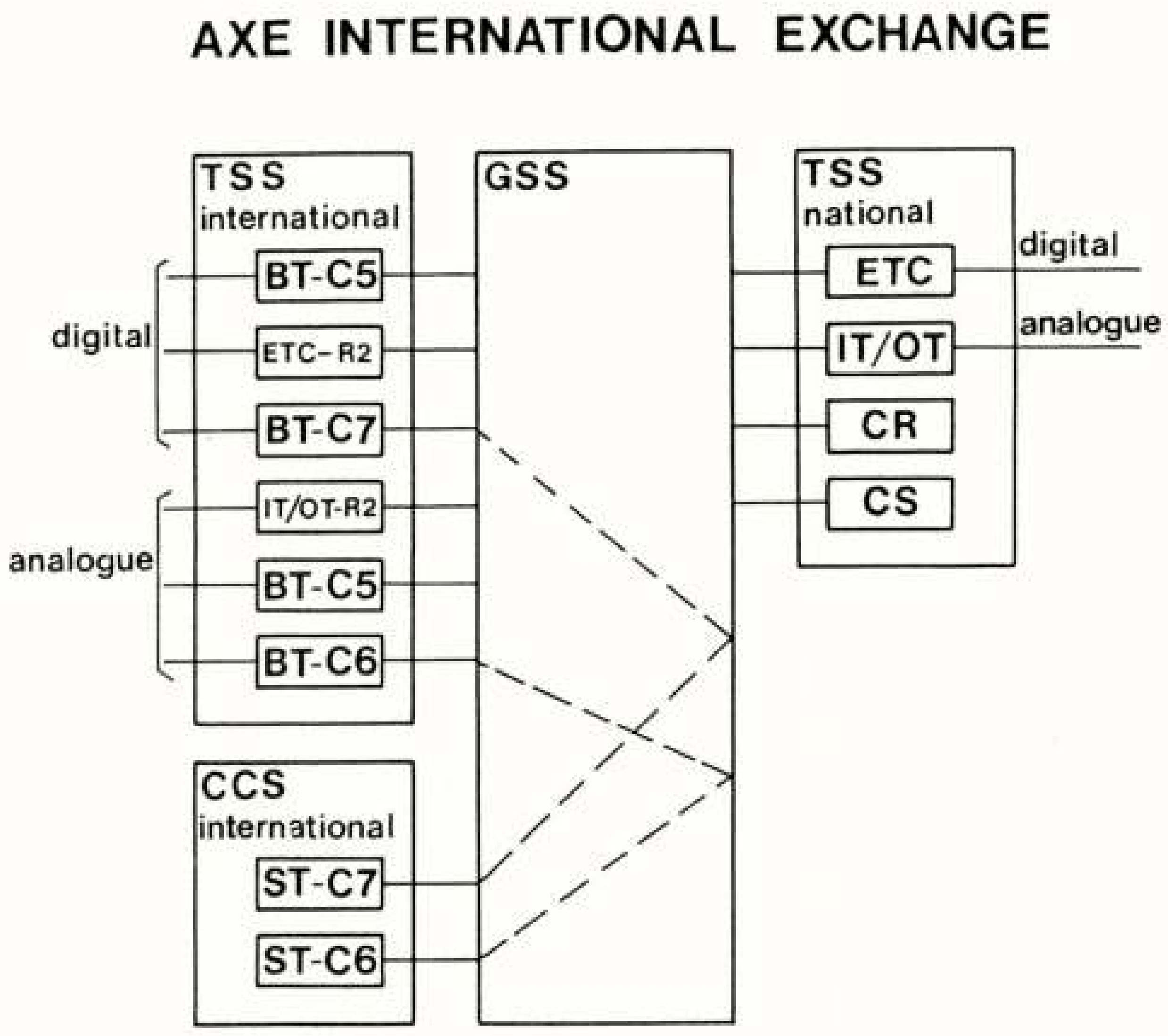


Fig. 9

Voor de toepassing van C6 is er een Common Channel Signalling Subsystem (CCS) toegevoegd, waarin de functies zich bevinden voor:

- Het verwerken van de signaleringsinformatie (wat via de groepschakeltrap plaatsvindt).
- Berichtenafhandeling.
- Netwerkmanagement - en onderhoudsfuncties.

In 1986 worden hieraan nog de internationale C7-functies toegevoegd.

Daar door PTT gekozen is voor "Master-Slave" synchronisatie in het Nederlandse net, moeten de internationale centrales de "Master" functie uitoefenen. Daarvoor zijn beide centrales uitgerust met zeer stabiele Cesiumklokken. Voorts bevinden zich in deze centrales nog speciale functies voor routering tarifiering en internationale afrekening.

Een andere bijzondere toepassing van AXE is het gebruik ervan in het autotelefoonnetwerk. Daartoe is er een speciaal subsysteem ontwikkeld voor de autotelefoonfuncties, gebaseerd op het Nordic Mobile Telephony concept. Dit subsysteem heet Mobile Telephony Subsystem (fig.10) en verzorgt de samenwerking met de z.g. basisstations waarin zich de zend- en ontvangstapparatuur (450 MHz) voor de mobiele abonnees bevindt. Deze basisstations ($\pm$ 50 in aantal) staan verspreid opgesteld over Nederland en zijn aangesloten op dit MTS-subsysteem.

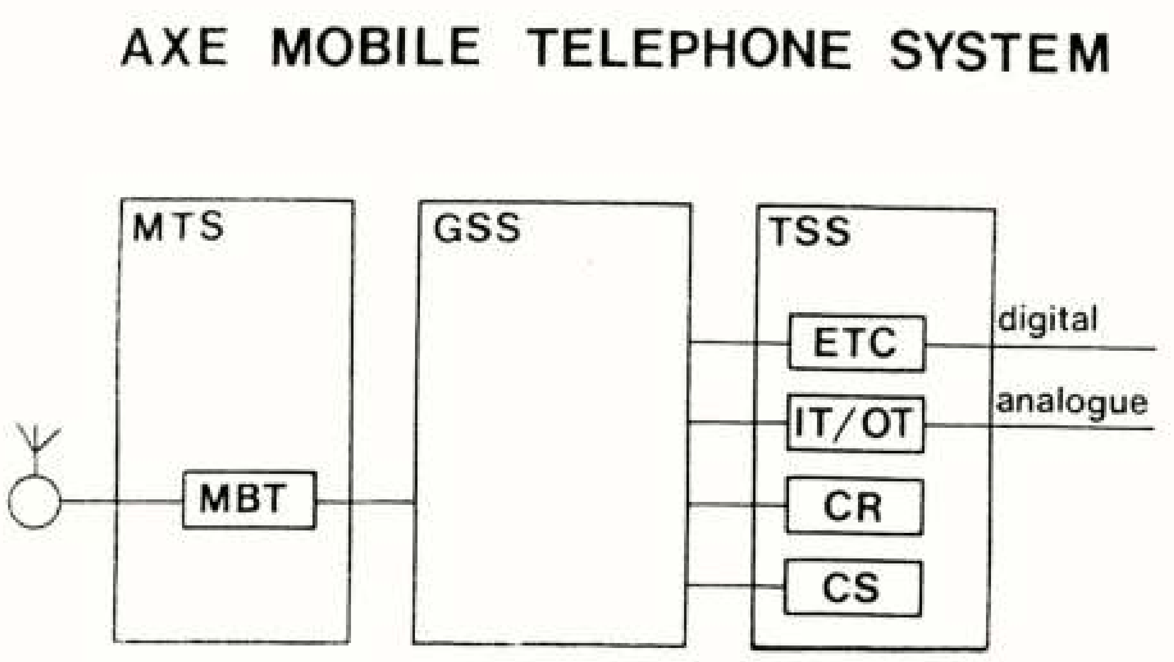


Fig. 10

Daardoor is het mogelijk als mobiele abonnee vanaf iedere plaats in Nederland automatisch gesprekken te voeren, zowel nationaal als internationaal.

Een laatste toepassing van het AXE-systeem is de BTD (Service-06) centrale. Het telefoniedeel ervan is gelijk aan dat van de lokale en gecombineerde centrales. Het bijzondere van deze centrale zit 'm dan ook niet in de hardware maar in de software. Hierin zijn functies gerealiseerd als:

- Telefonisch antwoordnummer
- Universeel toegangsnummer
- Landelijk uniform tarief
- Hoogtariefdienst
- Alarmnummer.

Daarmee komen we dan op een ander belangrijk aspect van SPC-systemen en dat is de rol van de software.

De software

Zoals we in de structuur van het AXE-systeem gezien hebben, volgt ook de software de functionele structuur waarbij iedere module beschouwd kan worden als een "black box". Deze structuur blijft bestaan tot op machinecodeniveau.

Ieder functieblok bestaat uit een programmagedeelte opgeslagen in het programmageheugen (PS) en de bijbehorende data in het data-geheugen (DS) (fig.11).

Het programmageheugen heeft alleen toegang tot de erbij behorende data.

Informatie-uitwisseling tussen verschillende functieblokken vindt plaats met behulp van gestandaardiseerde berichten z.g. signalen. Door deze structuur is het mogelijk dat de functieblokken onafhankelijk van elkaar ontwikkeld kunnen worden.

Bij het ontwerp wordt rekening gehouden met het kunnen toepassen van de functie voor verschillende markten. Daarom wordt gebruik gemaakt in de programmatuur van parameters die afhankelijk van de omstandigheden gedefinieerd kunnen worden.

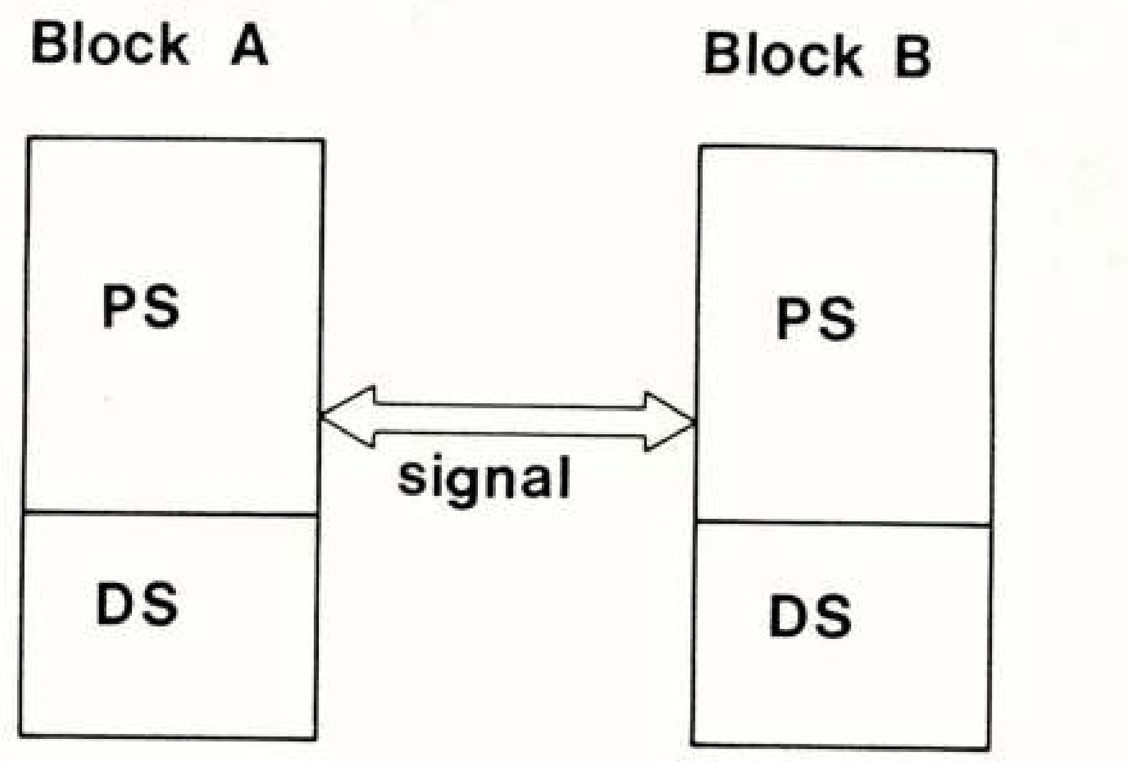


Fig.11 Informatie-uitwisseling tussen software blokken

Om een indruk te geven van de hoeveelheden programmatuur voor de verschillende toepassingen is in fig. 12 het programmageheugengebruik weergegeven.

SOFWARE PAKKETTEN

TOEPASSING	PS GROOTTE
■ Lokale en gecombineerde centales	500 k
■ Internationale centrales	900 k
■ Autotelefoon centrale	700 k
■ BT D centrale	700 k

Fig.12 Grootte van de programmageheugens voor verschillende toepassingen.

Voor de lokale en gecombineerde centrales is dit 500K. Daarbij moet worden opgemerkt dat voor dezelfde toepassing, maar dan met de APZ 211, dit geheugen bijna tweemaal zo groot is.

Dit wordt niet alleen veroorzaakt doordat nieuwe functies toegevoegd zijn, maar ook omdat steeds meer problemen in de software opgelost worden.

Het illustreert echter wel de groei van het software-volume.

Om deze grote hoeveelheden software te kunnen verwerken vraagt dan ook een bijzondere aanpak en organisatie in het hele software-traject.

Er is dan ook een speciaal traject

ontstaan tussen de ontwerpfase en het invoeren van een pakket in de centrale. Dit traject bestaat uit:

- Het selecteren van de verschillende produkten (functieblokken).
- Het definiëren van de parameters.
- Het vertalen naar machinecode.
- Het verifiëren en testen van het samengestelde pakket.

Dit traject wordt overigens niet alleen doorlopen voor het samenstellen van nieuwe pakketten maar ook voor het toevoegen en wijzigen van functieblokken met als resultaat een correctiepakket.

Als we een parallel trekken tussen hardware en software zou het geschetste traject als de produktie in een software-fabriek beschouwd kunnen worden.

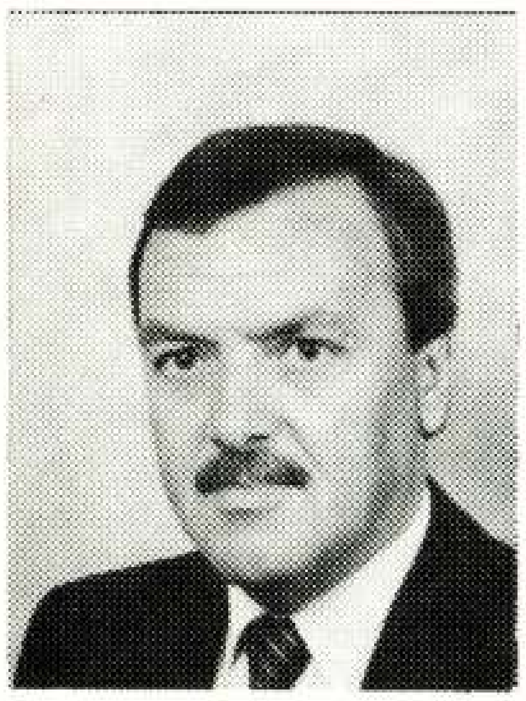
Conclusie

Het AXE-systeem heeft in Nederland bewezen voor toepassing in het telefoonnet aan alle eisen te voldoen, van zeer grote internationale centrale tot de kleinste abonneecentrale.

Binnen het AXE-concept is dit mogelijk dank zij de modulaire opbouw wat het tot een flexibel systeem maakt dat de technologische en functionele ontwikkelingen volgen kan.

Door de verder gaande digitalisering zal de rol van de software steeds belangrijker worden. Grotere hoeveelheden software zullen verwerkt moeten worden, hetgeen voor het systeem maar ook voor de organisaties, die de software moeten verwerken, zijn eisen stelt.

Voordracht gehouden tijdens de 339e werkvergadering.



IR. L. H. A. M. MELIS



IR. M. G. J. MEIJER



R. SLUIJTER



DR. W. SCHMIDT

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(340ste werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE

UITNODIGING

voor de lezingendag op **donderdag 23 januari 1986** in het **Dr. Neher Laboratorium van de PTT, St. Paulusstraat 4** te **Leidschendam.**
THEMA: DIGITALE AUTOTELEFONIE.

PROGRAMMA

9.30 - 10.00 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 - 10.40 uur:	**IR. L. H. A. M. MELIS**, (PTT-Mobilofonie); SITUATIE IN NEDERLAND EN EUROPESE ONTWIKKELINGEN.
10.40 - 11.20 uur:	**IR. J. BRUIJN EN IR. J. VAN REES**, (PTT, Dr. Neher Laboratorium); PROPAGATIEMETINGEN IN DE 150, 450 EN 900 MHZ BAND.
11.20 - 11.50 uur:	Koffiepauze.
11.50 - 12.30 uur:	**IR. M. G. J. MEIJER**, (PTT, Dr. Neher Laboratorium); SIGNALERING IN BEWEGING.
12.30 - 14.00 uur:	Lunchpauze.
14.00 - 14.45 uur:	**R. SLUIJTER**, (Philips Natuurkundig Laboratorium); SPRAAKCODERING MET 9,6 TOT 16 KBIT/S.
14.45 - 15.15 uur:	Theepauze.
15.15 - 16.00 uur:	**DR. W. SCHMIDT**, (Tekade-Nürnberg); THE HYBRID SYSTEM APPROACH (MATS-D).

Aanmelding dient te geschieden door inzending van de aangehechte kaart **gefrankeerd** met een postzegel van **50 cent**, alsmede overmaking van de verschuldigde kosten op Postrekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam onder vermelding van "Digitale autotelefonie".
De aanmelding is alleen geldig indien de aanmeldingskaart en overschrijving zijn ontvangen vóór 18 januari 1986.
In verband met de plaatsruimte is het aantal deelnemers beperkt tot 120.

De deelname voor de leden van NERG, KIvI en IEEE is gratis en voor introducee's *f* 15,00 per deelnemer.
De lunchkosten bedragen *f* 15,00.

Het dichtsbijzijnde N.S.-station is het station Leidschendam/Voorburg.
Op het terrein van het Dr. Neher Laboratorium is beperkte parkeergelegenheid.

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. IR. A. J. VINCK, NERG.
Tel. 040-473672

Eindhoven, december 1985.

Kantoorautomatisering en het ISDN

Ir. R.J. Mulder

PHILIPS TELECOMMUNICATIE EN DATA SYSTEMEN NEDERLAND B.V.

Office automation and the ISDN. Technological development over the last two decades has resulted in a vast investment in information systems in the offices. A closer look reveals however that this explosion of new technologies has led to a proliferation of incompatible systems and solutions. Industrywide standards eventually will have to take care of this problem.
The introduction of the Integrated Services Digital Network (ISDN) as a public provision has started, however its pace is moderate. But ISDN technology, based on the public standards, is also applied in modern digital business communication systems, as they are available today.
And it is in that same office communication arena that ISDN technology will start to demonstrate its real value.
In the first place as a highly relevant and unsuspected stimulus in the office communication standardization process. And secondly a a testplot for the developing public ISDN.

INLEIDING

Kantoorautomatisering en het Integrated Service Digital Network (ISDN), twee verschijnselen die zoals de titel van dit artikel suggereert, iets met elkaar te maken hebben. Om wat meer begrip voor die relatie te krijgen, wordt eerst ingegaan op de twee hoofdrolspelers: Wie zijn ze, wat pretenderen ze en wat is hun status. In het tweede deel van dit artikel komt dan hun relatie aan de orde, en zullen we zien dat er potentieel een "happy end" in zit.

WAT IS KANTOORAUTOMATISERING?

Volgens Fred A. Wang (van de bijbehorende office computers) gaat het om mensen die technologie gebruiken voor besturing en transport van informatie teneinde dat effectiever, nauwkeuriger en met een zo gering mogelijke inspanning te doen.

Veel van de verhalen over en definities van kantoorautomatisering sluiten hier op aan en concentreren zich daarbij op een aantal aspekten die hier nog eens kort op een rijtje worden gezet:

- iedereen z'n eigen werkstation, zo houden de terminal leveranciers ons hoopvol voor, daarbij aansluitend op het alom begeerde
- papierloze kantoor waar alle informatie op de werkplek zelf in bits of vice-versa wordt geconverteerd als stap op weg naar
- het kantoor van de toekomst dat alle kantoor activiteiten
- integrated d.w.z. in een zinvolle samenhang plaats laat vinden.

Praten we daarmee over een fata-morgana of zijn we echt op weg?

Een onderzoek van Diebold Associates (1) in Duitsland voorspelt voor 1986 een terminal-dichtheid van 8,5 op de 100. De bank en verzekeringswereld vertoont overigens een iets vooruitstrevender beeld, daar worden dichtheden voorspelt van 25%. Echt papierloos gaat het er dus nog niet aan toe. McArthur van 3M Information Systems verzucht dan ook naar aanleiding van een in de Verenigde Staten uitgevoerd onderzoek dat kantoorautomatisering voorlopig alleen nog maar tot meer papier en distributie daarvan heeft geleid (2). Een Duits onderzoek (Bürokommunikation 85) laat zien dat slechts 5% van de documenten in een doorsnee kantoor "origineel" dus geen kopie is! Ook een recent onderzoek van de Association for Information and Image Management in de Verenigde Staten, slaagde er niet in ook maar een enkele implementatie van dat kantoor van de toekomst aan te treffen.

De meeste "office automation" leveranciers zijn dan ook, als u ze in een oprecht moment aantreft, bereid toe te geven dat de zo met kracht ter hand genomen toepassing van nieuwe technologieën tot een overvloedig scala van producten heeft geleid die specifieke functies beduidend efficienter uitvoeren.........

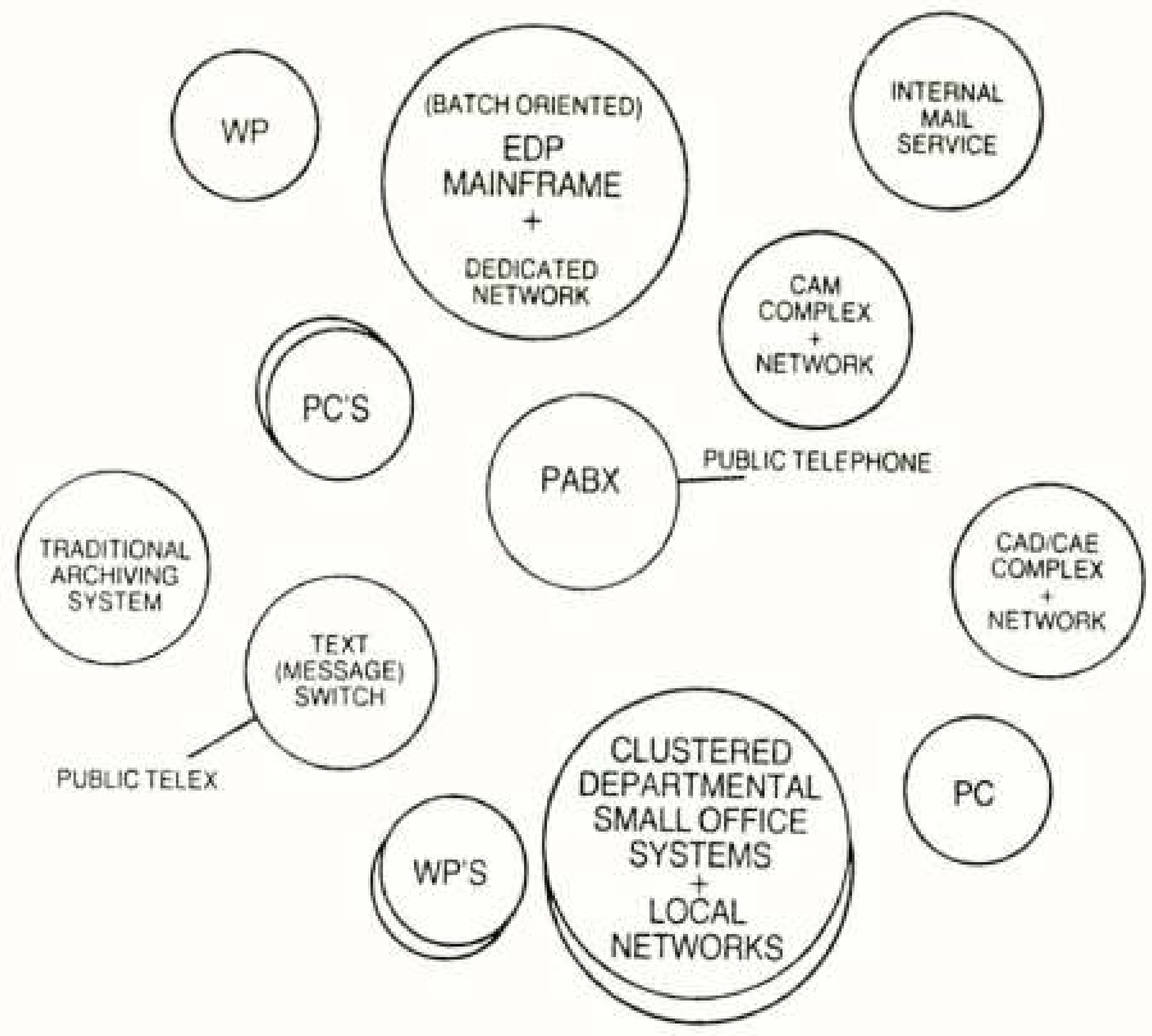
.... maar nauwelijks in staat zijn dat in een zinvolle samenhang met andere functies te doen. Tenzij, zouden we er aan toe kunnen voegen, men bereid is z'n ziel en zaligheid aan één enkele leverancier toe te vertrouwen.

Er is nog een hele weg te gaan dus, maar alle onderzoekers zijn het er over eens dat de terminal dichtheid de komende jaren een exponentiële toename zal laten zien. Belangrijker is nog de constatering dat die groei vooral toepassingen zal betreffen waarbij sprake is van communicatie met een grote variëteit aan bestemmingen binnen het kantoor, of met elders gehuisveste systemen zoals centrale databases. D.w.z. dat ook communicatie en de distributie van informatie een steeds belangrijkere rol zullen gaan spelen.

Wat moet er allemaal nog voor gebeuren en waarom is het eigenlijk nog niet zo ver? Er zijn allerlei analyses voor deze "wel willen maar niet kunnen" situatie maar de meest herkenbare is wel de observatie dat er vaak sprake is van gescheiden en autonome verantwoordelijkheden als het gaat om de aanschaf en de exploitatie van de verschillende deelfuncties in het kantoor.

- Als het bedrijf een vorm van "communications management" bezit, dan bemoeit die zich meestal met de interne post, de telefoon en de telexdienst. En anders doet de huishoudelijke dienst of de verhuurder het wel.
- De traditionele administratieve automatisering is meestal op main-frames ondergebracht, inclusief de historisch nadrukkelijk aanwezige beheersinstantie.
- De technische en industriële automatisering (CAD/CAM, proces besturing) heeft z'n eigen goeroe's meegebracht.
- En de grotere bedrijven hebben hun afdelingen vaak autonomie gegeven zelf de meestal cluster-georganiseerde afdelings small-office systemen aan te schaffen en te beheren.
- De grootste anarchie wordt aangetroffen bij systemen die door hun prijs aan formele budgetprocedures ontsnappen. Waar dat voor de meestal op zich zelf staande en slechts één doel dienende tekstverwerkers niet onmiddelijk tot chaos leidt, is de Personal Computer een veel riskanter bezit. Stand-alone toegepast is de PC al snel aanleiding tot het opzetten van allerlei lokale en niet gecorreleerde databases, waarvan de opbrengst zijn zeggingskracht vooral lijkt te moeten ontlenen aan professioneel ogende spread-sheet presentaties (3).

Veel bedrijven houden die competentie gebieden in stand. Enerzijds omdat het een schijnbaar duidelijke demarcatie van verantwoordelijkheden oplevert. Anderzijds omdat een integraal over de tijd uitgesmeerd automatiseringsplan hun expertise te boven gaat. En zo ontstaat het typische kantoor: een verzameling van op zich zelf staande "eiland" oplossingen (Figuur 1).



Figuur 1: Office "Island" solutions

Samenvattend zou je kunnen zeggen dat de deeloplossingen voor hun specifieke doel vaak zeer toereikend zijn maar dat er geen infrastruktuur, geen "medium" is dat prikkelt tot een samenhangend geheel. De "interface" tussen de eilanden bestaat meestal uit documenten, leidend tot omvangrijke distributie aktiviteiten en meerdere half overlappende en niet gecorreleerde archieven op allerlei plaatsen. Een open-ended communicatie-structuur met aangepaste communicatieve diensten tussen alle eilanden, is dan ook één van de (maar niet de enige) voorwaarde om een echt "integrated" office te bereiken. Maar laten we voor we verder in dat vraagstuk duiken de tweede hoofdrolspeler eens van wat dichterbij bekijken.

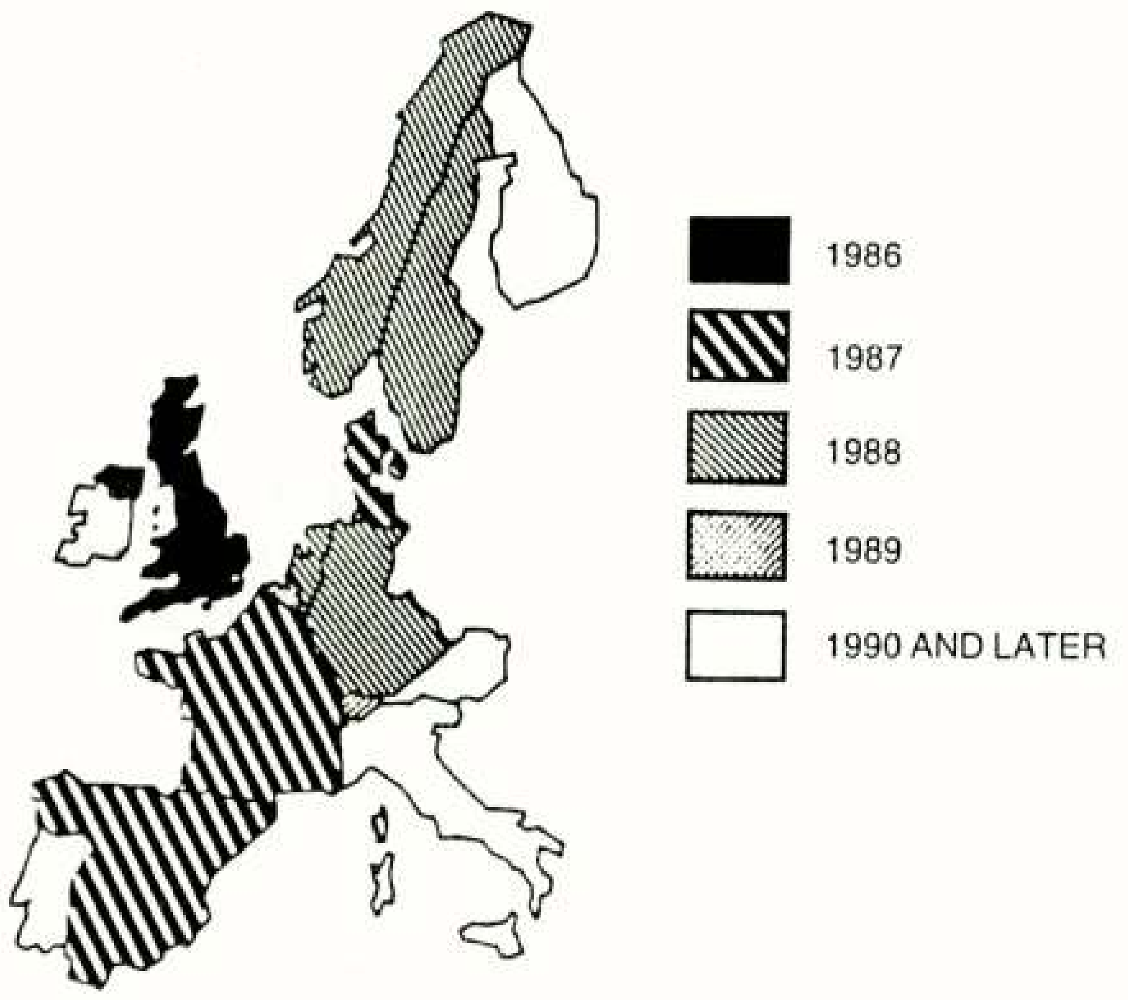
INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK

ISDN, het "superstopcontact" dat toegang geeft tot allerlei nu nog gescheiden geexploiteerde en toegankelijke netten en hun diensten. Over ISDN wordt verschrikkelijk veel gepubliceerd en al zijn veel publicaties niet veel meer dan de wat uitgebreider opgeschreven CCITT recommendaties, de interesse ervoor lijkt het belang vooruit te snellen. Net als kantoorautomatisering heeft ook ISDN z'n eigen slagzinnen:

- Multi-media connectivity, "Kommunikation ohne Medienbrüche" noemen onze oosterburen dat, en dat impliceert een homogeen net met een geïntegreerde simultane voice- en datacommunicatie (4).
- Standaards die dit nieuwe breukloze medium definiëren moeten de prikkel zijn tot grootschalige introductie van er op aangepaste apparatuur waarvan voor het kantoor de

- Multi-functionele werkstations nodig om al die verschillende diensten zinvol vanuit één terminal te kunnen bespelen misschien wel de belangrijkste zijn.

Maar de weg van standaardisatie is nog lang en bevolkt met vele reizigers die niet allemaal het zelfde einddoel in gedachten hebben.
De benodigde digitale infrastructuur is er ook niet van de ene op de andere dag. Er is een enorme inspanning mee gemoeid, er is veel geld voor nodig en natuurlijk, de commitments zijn er en dat het er komt staat vast, maar niet alles tegelijk.
Elk land worstelt met z'n eigen introductie scenario en interpretatie van de standaards. In veel gevallen is er sprake van een "overlay-scenario", dat aan de al bestaande netten nog een extra digitaal 64 kbit/s circuit-switched net toevoegt. In eerste instantie speciaal bedoeld voor de zakelijke gebruikers gehuisvest in gebieden met geconcentreerde industriële activiteit. Het onderstaande plaatje laat iets zien van de geplande introductie data van de ISDN in Europa (figuur 2).



Figuur 2: ISDN introduktie in Europa

Let wel, het betreft hier pilot projecten met een beperkte schaal en een looptijd die varieert van één tot enkele jaren. De ervaring die met deze pilot projecten wordt opgedaan, wordt uiteindelijk gebruikt bij de detaillering van het uiteindelijk te bereiken doel. In Engeland heeft British Telecom een in vergelijking met veel andere Europese landen voortvarende start gemaakt met de digitalisering van het openbare net en gecorreleerde ISDN-achtige oplossingen. Uit datzelfde Engeland komen, mede naar aanleiding van de inmiddels opgedane ervaringen veel pragmatischer verhalen over de aard en omvang van het uiteindelijke ISDN dan uit landen waar het allemaal nog moet beginnen.

Het homogene "supernet" is in die verhalen aan het verschrompelen tot een consolidatie van de huidige netten met gemeenschappelijke toegangswegen op lokaal niveau (5). Overigens hoeft dat voor de eindgebruiker geen opvallend nadelige consequenties met zich mee te brengen. Ook ten aanzien van het aansluiten van partikuliere gebruikers op het ISDN is men nog zeer terughoudend. Zo is de verwachting dat tot ver in de negentiger jaren de partikuliere eindgebruikers op analoge wijze zullen zijn aangesloten op het openbare telefoonnet.

ISDN SERVICES

De aandacht van de standaardisatiegremia gaat vooralsnog vooral uit naar de eerste drie lagen van het CCITT-ISDN model, de zgn. "bearer-service". Ten aanzien van de echte op het net en in de eindapparatuur te implementeren diensten, de "tele-services" moet nog verschrikkelijk veel worden beslist. Wie die inspanningen volgt, weet dat het daarbij niet altijd om triviale zaken gaat! Dat daarmee geen goed klimaat wordt geschapen voor een voortvarende ontwikkeling en introductie van publieke ISDN-terminals is duidelijk en het is dan ook heel verklaarbaar dat er een groeiende interesse komt voor binnen ondernemeningen geïmplementeerde en op de publieke standaards gebaseerde "private" ISDN's. Niet voor niets is (weer in Engeland) de belangstelling voor de door British Telecom gestandaardiseerde spelregels voor communicatie en diensten in privé ISDN netten (DPNSS) groter dan voor de publieke aansluiting (DASS II).

PRIVATE ISDN

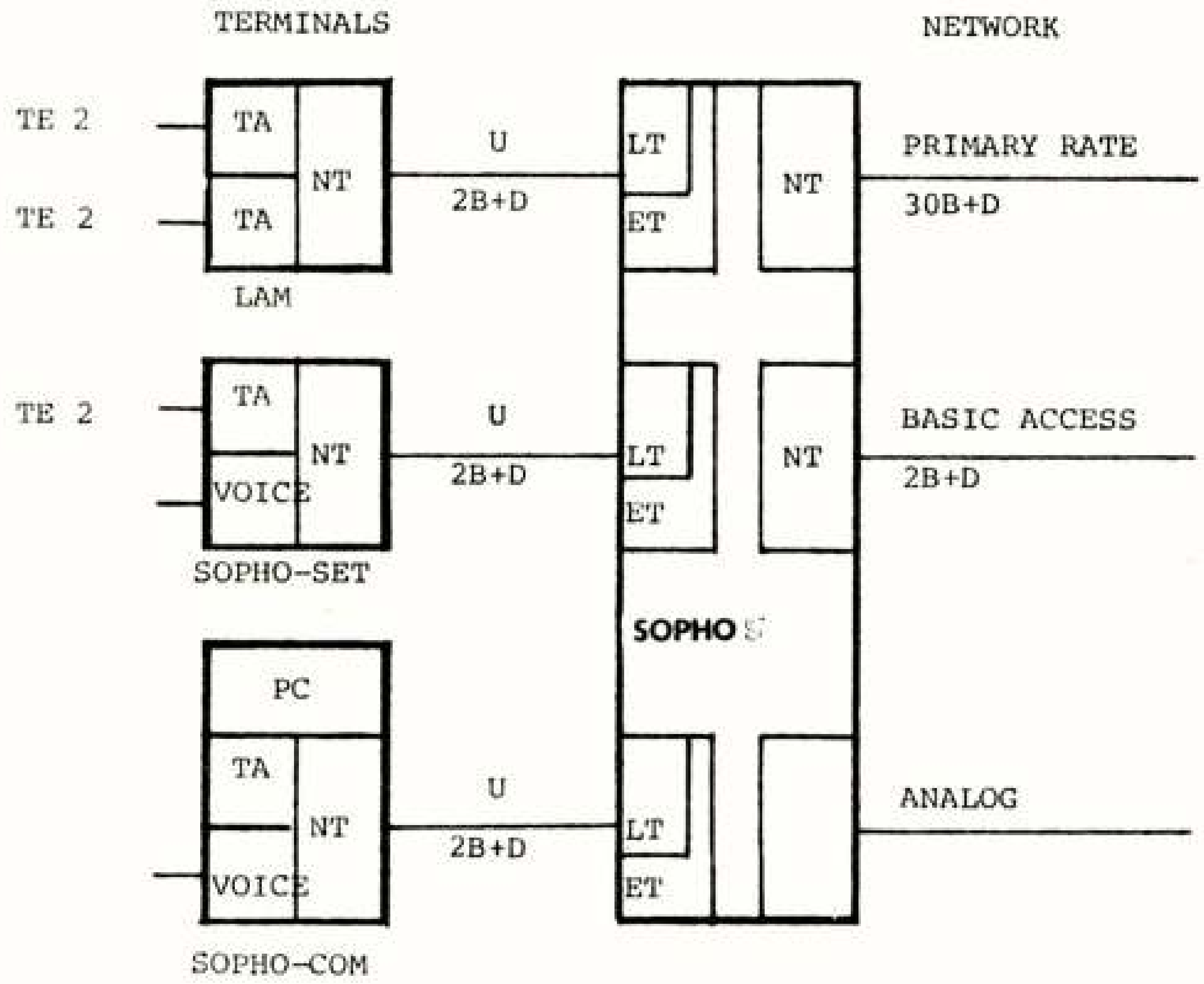
De hoeksteen van zo'n private ISDN is de digitale PABX, meestal in staat om als knooppunt in een private network te functioneren, en voorzien van de aansluittechnieken uit de publieke ISDN wereld.
Daar wordt dan de mogelijkheid aan toegevoegd om via die zelfde PABX de in het land onderscheidene netten/diensten te betreden, als het ware het uiteindelijke ISDN simulerend, via gateway-functies. Tenslotte beschikken PABX'en historisch al over zeer uitgebreide voorzieningen en diensten ten behoeve van die aangesloten gebruikers.

Het is dan ook binnen de "ondernemingen" of dat nu bedrijven, universiteiten, ziekenhuizen of banken zijn, dat naar mijn overtuiging de ISDN gedachte het eerst en het snelst concreet zal worden. Daar wordt ISDN niet ervaren als een oplossing waar nog geen probleem voor is. Daar ligt, we hebben het in de beschouwing over de kantoorautomatisering gezien, een terrein dat rijp is beploegd en bebouwd te worden. Daar zijn de investeringen weliswaar niet onaanzienlijk, maar door hun schaal

hanteerbaarder en daar ontmoeten onze twee hoofdrolspelers elkaar voor het tweede bedrijf, niet morgen of overmorgen, maar nu, vandaag!

DE ISDN-PABX

Hoe ziet zo'n ISDN-PABX er nu uit? De basis is een switch (bij Philips SOPHO S genoemd) die 64 kbit/s of multipels ervan transparant van bron naar bestemming transporteert, met ISDN aansluittechnieken uitgerust. Dat wil zeggen dat aan de eindgebruikerskant 2B+D U- of S-interfaces zijn te vinden. Interfaces waarop NI/IA kastjes worden aangesloten ten behoeve van terminals/hosts met traditionele datacommunicatie interfaces zoals V.24, V.35 en X.21. Die zelfde terminal adapters kunnen ook ingebouwd zijn in digitale toestellen (bij Philips noemen we die SOPHO-SET's) of in een personal computer (SOPHO-COM). Aan de netwerkzijde is sprake van aansluitingen naar het openbare net (digitaal of analoog) of andere ISDN-PABX'en die deel uit maken van het private ISDN.
In ISDN terminologie speelt de PABX voor de gebruikers de LT/ET rol en voor het openbare net de NT rol (Figuur 5).



Figuur 5: de ISDN-PABX

De SOPHO-SET (Figuur 4) kan op standaard 2-draads basis worden aangesloten via z'n U-interface. Het toestel is luidsprekend, bevat een door de switch aanstuurbare display voor bijvoorbeeld het presenteren van het nummer van de oproeper of het aantal nog wachtende gesprekken, heeft algemene faciliteiten als het kunnen opslaan van te kiezen eindbestemmingen en signaleert de toestand van de andere toestellen waarmee het in een groep kan worden ingedeeld. Via de ingebouwde terminal adapter is simultaan data-voice verkeer over de twee B kanalen mogelijk. En signalering ten behoeve van beide poorten vindt plaats via het D kanaal.

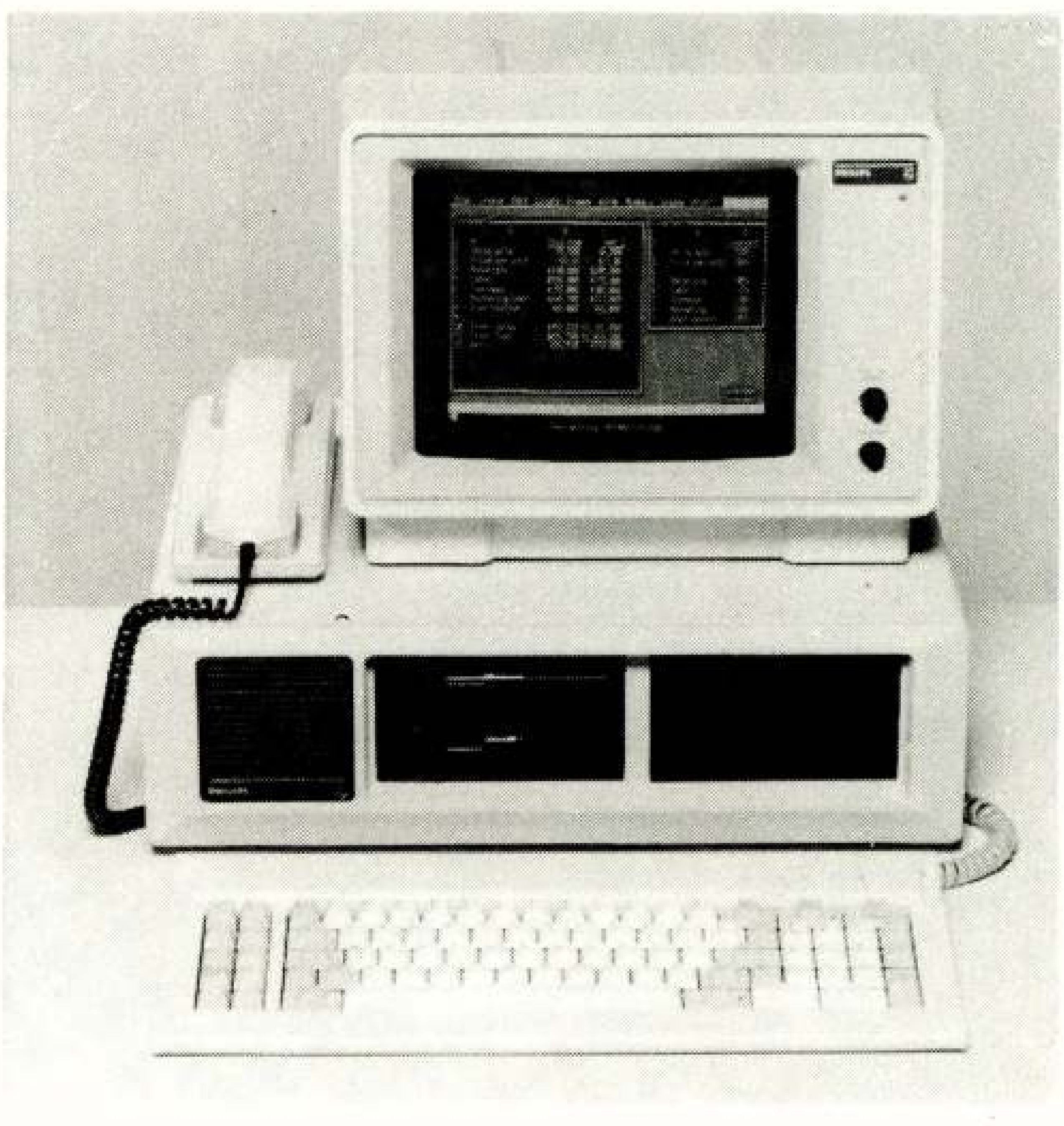


Figuur 4: Het digitale telefoontoestel SOPHO-SET

De LAM is een combinatie van twee NI/IA's in één doosje en heeft ten aanzien van z'n datapoorten dezelfde karakteristieken als de SOPHO-SET. De LAM staat toe om via één aderpaar twee terminals op de switch aan te sluiten.

De SOPHO-COM tenslotte (Figuur 5), is het resultaat van de toevoeging van 2B+D voice + data aansluittechnieken aan een personal computer, daarvan op die wijze een multi-functioneel werkstation makend.

SOPHO S, SOPHO-SET en SOPHO-COM zijn allen bestanddelen van Philips' SOPHOMATION, waarmee het totaalconcept voor geïntegreerde kantoorautomatisering en communicatie wordt aangeduid (6).



Figuur 5: SOPHO-COM, een ISDN compatible werkstation

DATACOMMUNICATIE FACILITEITEN

Samenvattend voorziet de ISDN-PABX in z'n basis uitvoering de gebruiker van datacommunicatie mogelijkheden als:

- Transparante 64 kbit/s switching.
- Via de TA's ingebouwd in SOPH-SET, LAM en SOPHO-COM
  * datarate adaption voor de verpakking van de traditionele communicatie snelheden in 64 kbit/s
  * asynchroon of synchroon verkeer volgens V.25, V.35 en X.21
  * half en full duplex werking
  * diverse verbindingsopbouw scenario's zoals V.25bis voor automatisch kiezende terminals en hosts via het D-kanaal, of bemiddelde verbindingsopbouw
  * terminal-to-terminal en terminal-to-host communicatie binnen het switch complex.

VOICE FACILITEITEN

Dat is mooi maar voorlopig is het percentage PABX aansluitingen dat nog op gewoon voice verkeer is gebaseerd veel groter dan 50% en laten we vooral niet vergeten dat PABX'en traditioneel een indrukwekkend aantal faciliteiten bieden t.b.v. voice-verkeer, die het efficient afhandelen daarvan in hoge mate ondersteunen. Een korte greep:

- Privénetwerken met faciliteiten als geconcentreerde telefonisten bediening (ook wel main-satellite operation genoemd), routeringsscenario's die optimale bereikbaarheid onder alle omstandigheden garanderen en een transparantie van faciliteiten die zich aan de gebruiker presenteert als één grote switch in plaats van een net met separate knooppunten.
- Aansluitingen die in groepen kunnen worden georganiseerd en daarmee inspelen op bijv. service afdelingen waarover op gelijkmatige wijze inkomend verkeer wordt verdeeld, of chef-secretaresse clusters met snelle onderlinge toegang.
- Omleidingsvoorzieningen die zorgen dat het telefoonverkeer terecht komt waar de ontvanger zich bevindt of laat vertegenwoordigen.
- Gecentraliseerd operationeel onderhoud, gecompleteerd met mogelijkheden om de performance van de automaat tot in detail van dag tot dag te kunnen observeren.

SERVERS

Een andere categorie voorzieningen, toe te voegen aan wat als basis aanwezig is, ontstaat met de zg. "servers".Het betreft tamelijk op zich zelf staande functies die via een met de switch afgesproken interface, veelal bestaande uit het automatisch kunnen opbouwen en verbreken van verbindingen ten behoeve van de server, toegevoegde waarde levert. Afhankelijk van de aard en omvang zijn de servers volledig in de PABX geintegreerd of worden ze extern gehuisvest en op 2B+D basis aangesloten. Er zijn 2 categoriën servers te onderscheiden.

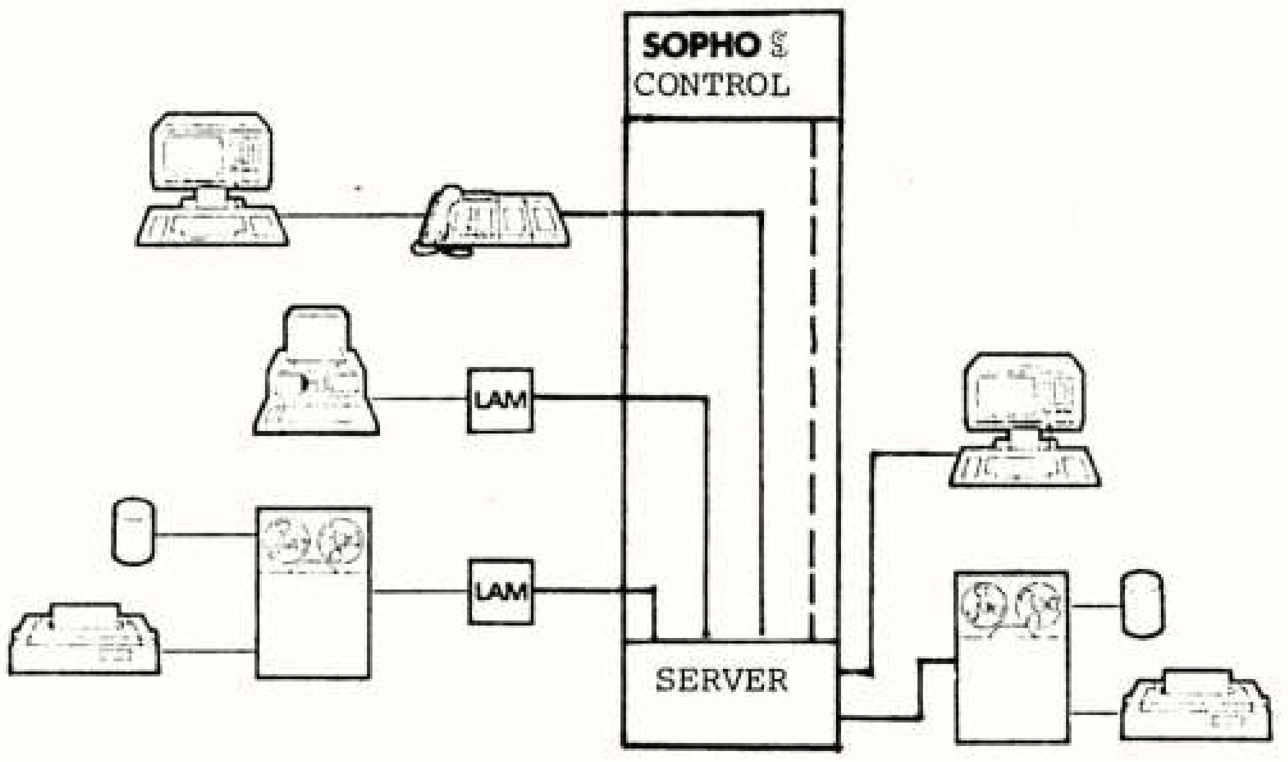
- De eerste categorie betreft funktionele servers die bij het uitvoeren van hun funkties uitsluitend van de ISDN-PABX en het bijbehorende netwerk gebruik maken.
- De tweede categorie servers zijn de gateway servers die het privé-net toegang verschaffen tot andere privé- of publieke-netwerken zoals het publieke telex/teletex net, de datanetten en de meestal als privénetten geïmplementeerde local-area- and wide-area-netten (LAN's en WAN's).

FUNKTIONELE SERVERS

Veel voorkomende funktionele servers zijn:

- De voice-mail-server voor de opslag en distributie van gesproken informatie en berichten.
- De electronic-mail-server voor de opslag en distributie van via terminals/hosts gegenereerde berichten en tekst. Bij grotere PABX configuraties zal de electronic-mail server meestal als gateway naar een extern net (telex/teletex) worden geïmplementeerd.
- De cost-control-server voor opslag en analyse van de kosten die verbonden zijn aan het gebruik maken van het openbare telefoonnet vanuit de switch.
- De directory-server voor de centrale opslag van de bedrijfstelefoongids, te raadplegen vanuit de op de switch aangesloten terminals.

Figuur 6 geeft schematisch weer hoe deze functionele servers in het systeem worden ondergebracht.

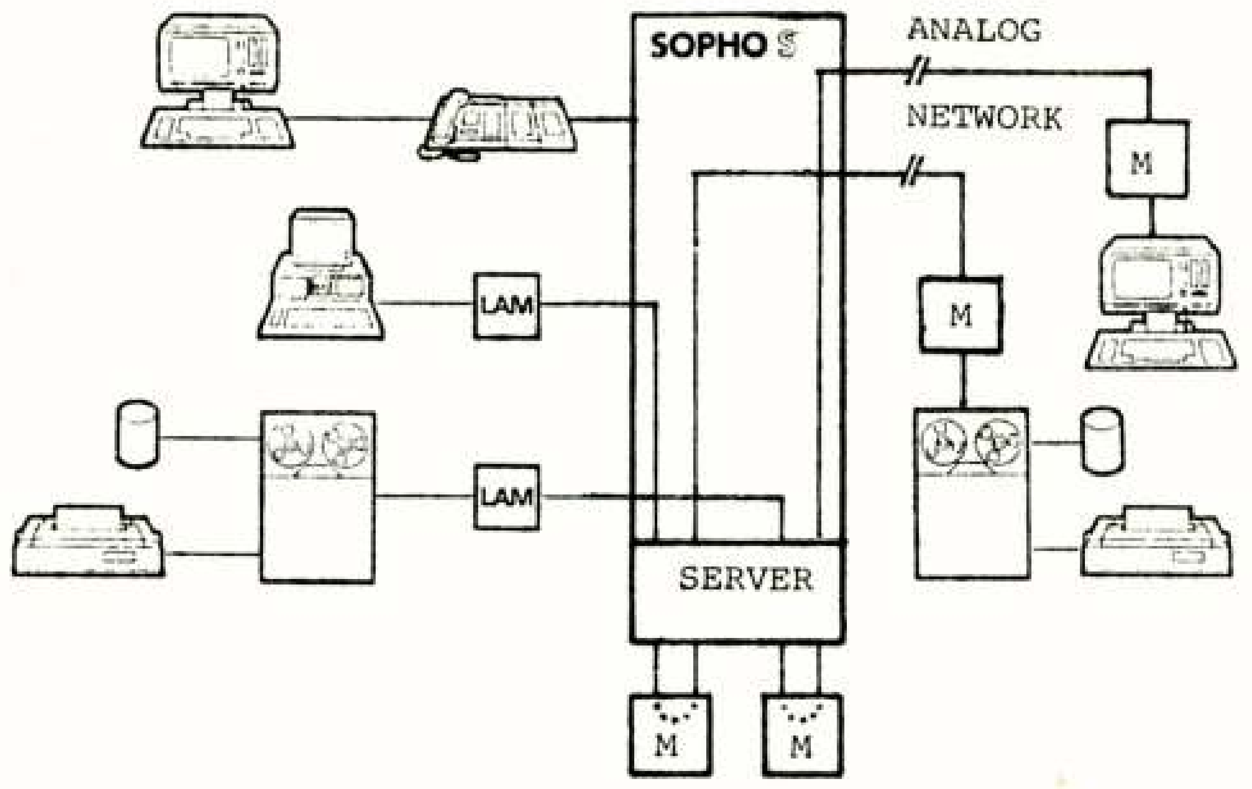


Figuur 6: De funktionele SERVER

GATEWAY SERVERS

De meeste bekende server van deze categorie is de conversion server, die zorgt voor de interfacing naar non-ISDN communicatie omgevingen. De server kan naast taken als protocol conversies ook de aankoppeling aan bijv. IBM omgevingen als 3270 terminals en clusters voor z'n rekening nemen.

De modempool server maakt het mogelijk om bij interfacing naar het analoge, publieke of privé telefoonnet automatisch centraal in de switch in een pool opgestelde modems te selecteren en tussen te schakelen. Ook via het digitale publieke net bereikbare analoge aansluitingen, en daar zal nog heel lang sprake van zijn, of diensten zoals videotext en facsimilé kunnen via de modempool faciliteit deel van het privé ISDN worden. Zie figuur 7.

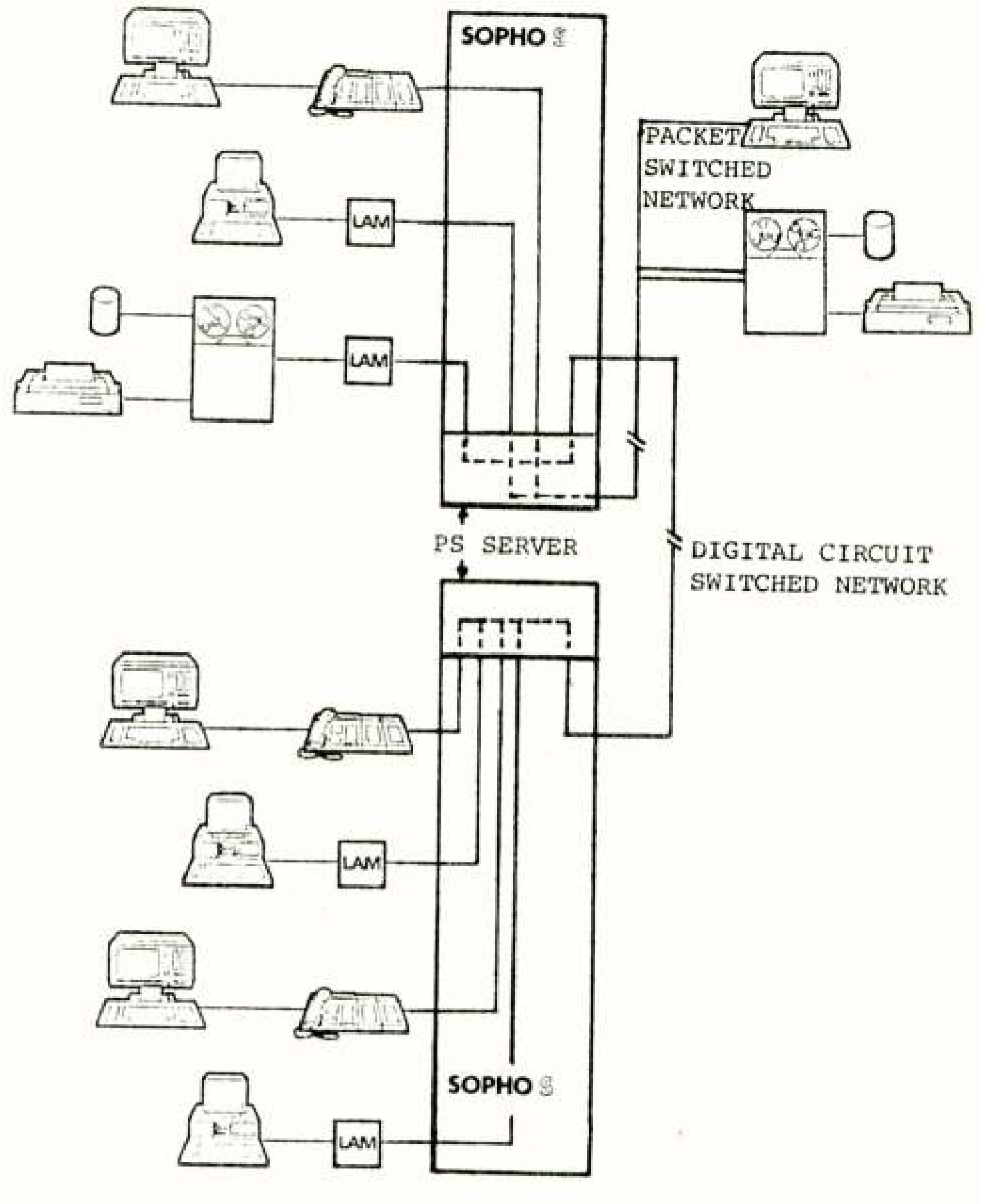


Figuur 7: MODEMPOOL SERVER

De tekstserver geeft de gebruikers van het privé ISDN toegang tot separaat georganiseerde diensten als telex en teletex, maar kan ook binnen het privénet functies vervullen als de mailbox en store-and-forward message-switching daarbij de zo belangrijke distributie van informatie in een kantooromgeving aanzienlijk papierlozer makend.

De packet switching server geeft toegang tot externe packet switching netten als Datanet 1, Datex P, Transpac enz. maar biedt eveneens de interessante optie om een erg cost-effectieve koppeling tussen privé ISDN's te verzorgen, waarbij de server zorgt voor het in 64 kbit/s verbindingen verpakken van meerdere virtuele kanalen die door de ISDN-PABX via het circuit switched digitale privé- of publieke-net naar bestemmingen elders, eveneens met een packet switching server uitgerust, worden gerouteerd.

Vooral wanneer grote groepen terminal-gebruikers toegang moeten krijgen tot bijv. een mainframe computer die niet in de nabijheid van de switch is opgesteld, kan op die manier worden geprofiteerd van de meestal lage netto-bitrates die de terminal gebruikers veroorzaken. Vaak zullen tientallen gelijktijdige gebruikers aan één via de packet-switching-server gevulde 64 kbit/s verbinding voldoende hebben (Figuur 8) (8). Als de packet-switching-server uitsluitend voor deze applikatie wordt ingezet, is er eigenlijk sprake van een funktionele server.



Figuur 8: PACKET SWITCHING SERVER

DE LAN-SERVER

Er is veel dispuut geweest over het bestaansrecht van local area networks (LAN's) en PABX-services in één omgeving maar het ziet er toch naar uit dat er sprake is van een vreedzame coexistentie. LANnen vullen de PABX aan met breedbandige communicatie en sommige computer clusters ontlenen aan een LAN een functionaliteit die een PABX niet kan invullen. Daar staat tegenover dat de meeste niet specifieke computer toepassingen de breedbandigheid van de LAN nauwelijks kunnen uitnutten (9). Andere veel voorkomende LANnen zijn die welke worden toegepast in computer-aided-design omgevingen waar vooral grafische representaties een rol spelen en tot omvangrijke hoeveelheden te transporteren data leiden.

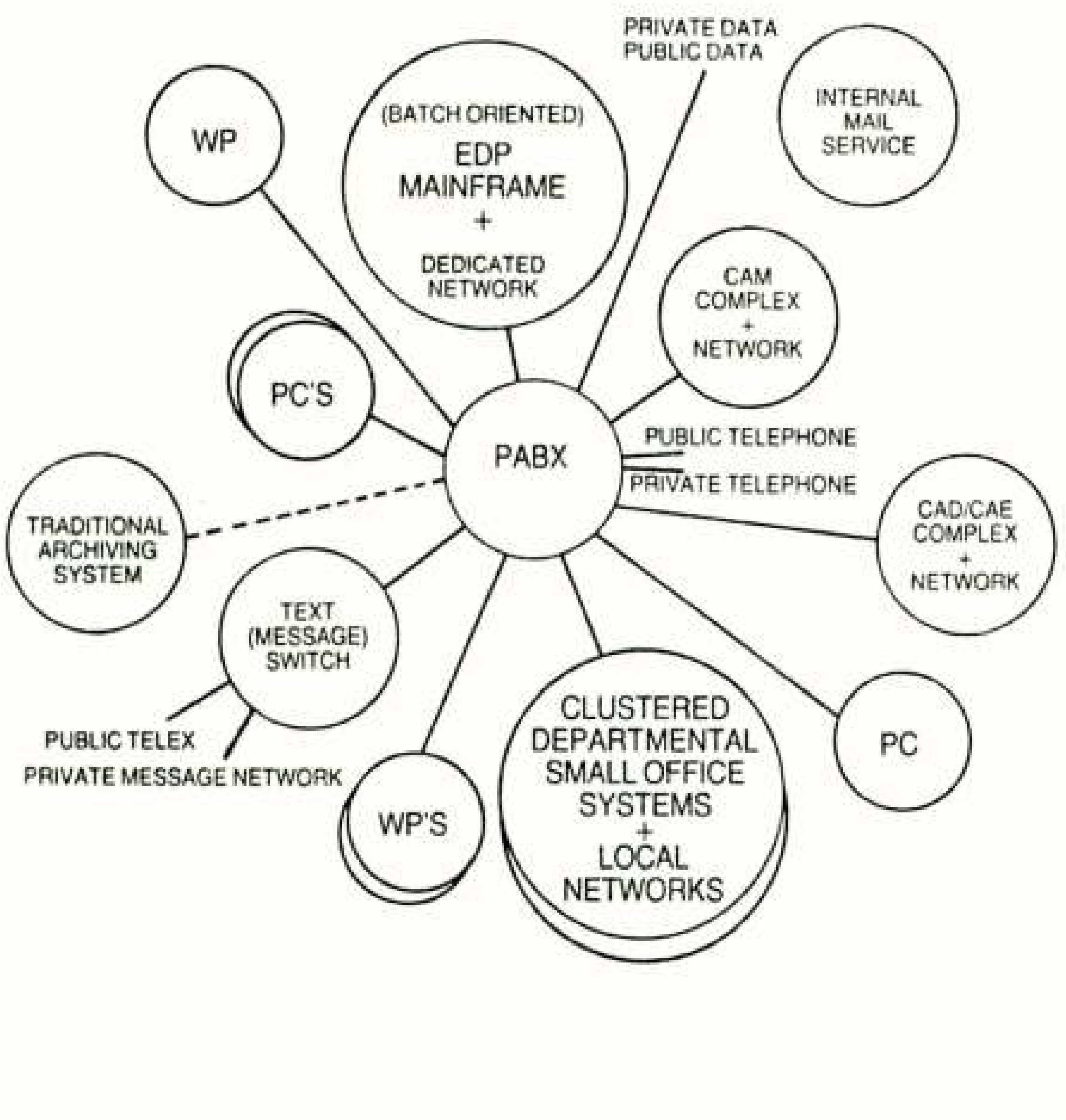
Waar behoefte bestaat de aanwezige bedrijfsLANnen met standaard terminals te bereiken, bijv. voor het toegang verkrijgen tot databases zoals opgebouwd met een Megadoc systeem, biedt de LAN-server uitkomst.
Daarnaast bieden steeds meer PABX leveranciers een innig met de PABX verstrengelde LAN aan die door z'n ver doorgevoerde integratie toegevoegde functionaliteit kan bieden. In alle gevallen is de LAN-server voor de gelegenheids-LAN-gebruiker in het privé-ISDN een belangrijke component.

De WAN server completeert de catalogus. Wide-area-networks als IBM's SNA en Philips' SOPHO-NET spelen vooral een rol in corporate networks. WAN's hebben een eigen bestaansrecht, en meestal ook een eigen groep aangeslotenen. De gebruiker die slechts incidenteel van de WAN wil profiteren, kan de PABX met WAN server als cost-effective toegangspoort benutten.

TENSLOTTE

De rondleiding besluitend krijgen we zicht op een heel ander perspektief dan waarmee we gestart zijn:

De ISDN-PABX als switch voor voice, data, tekst en image binnen het eigen net, servers voor de aanvullende diensten en de gateway functies naar andere privé- en publieke-diensten en netten, componenten die vandaag leverbaar zijn. Het "eilanden plaatje" aan het begin van dit verhaal krijgt daarmee struktuur, door de mogelijkheid van onderlinge en externe communicatie en de erbij behorende communicatieve diensten (Figuur 9).



Figuur 9: Integrated Office Communication

Voordracht gehouden tijdens de 339e werkvergadering.

Daarmee is voorlopig alleen nog maar de aanzet gegeven tot een echte integratie van het office gebeuren want de ISDN-PABX creëert, zou je samenvattend kunnen zeggen, wél de infrastructuur en de gelegenheid voor een samenhangende automatisering, maar het is de optelsom van de onderscheidene componenten die de kwaliteit van het geheel bepaalt. Waar de technologie misschien grenzenloos schijnt, daar zal nog heel veel inspiratie en verbeeldingskracht nodig zijn om gevestigde disciplines en procedures te doorbreken, om passende organisaties op te bouwen en toekomstvaste migratie paden uit te stippelen.
Hoe dan ook, vast staat dat de introduktie van de ISDN-PABX een geweldige prikkel zal zijn bij de tot standkoming van het "integrated office". Daarbij zal deze uit onverdachte hoek komende gestandaardiseerde communicatie-structuur een echte stap in de richting van een op "multi-vendor" strategiën gebaseerde kantoorautomatisering zijn.
Even belangrijk is de proeftuin-funktie die de ISDN-PABX voor het uiteindelijk te realiseren publieke ISDN zal vervullen. Een publiek ISDN dat zich, zoals we al eerder hebben gezien, sowieso richt op de meest kapitaalkrachtige en applikatie-rijke gebruiker: de "business-community".

Kortom, de gereedschapskist is goed gevuld vandaag. Laten we er zo gauw mogelijk mee aan de slag gaan!

REFERENTIES

(1) Diebold GMBH: Der Markt für Terminals und Terminalsysteme in der BRD, Frankfurt 1984
(2) D.W. McArthur: "Off the track, or just behind schedule?"
- Management Informations Systems Week, June 1985
(3) D.W. Barratt: "Integrated Office Systems, fact or fiction"
- Telephony, Feb. 1984
(4) W. Keller: "ISDN im Büro - Kommunikation ohne Medienbrüche"
- Net 39 1984, Heft 8
(5) Sydney O'Hara: "The evolution of a modern telecommunications network to the year 2000 and beyond"
- IEE Proceedings, Vol. 132, Pt. 1, No. 7 Nov. 1985
(6) Verschillende auteurs: Special Issue on SOPHOMATION
- Philips Telecommunication Review, Vol. 43 no. 2, June 1985
(7) A.A.J.M. van Heck: "Economising a private voice/data network"
- Philips Telecommunication Review, Vol. 43, no. 4, Dec. 1985
(8) Brian Gilmore: "Using a PABX for voice and data in large networks"
- Communications ACM, Vol. 27 no. 8, Oct. 1985

IEEE STUDENT BRANCH DELFT
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(343ste werkvergadering)
AFDELING TELECOMMUNICATIE VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE

UITNODIGING

voor de lezingendag op **vrijdag 20 juni 1986** in het gebouw van de **Afdeling der Elektrotechniek** van de **Technische Hogeschool Delft, Mekelweg 4, Delft.**
Thema: ROBOTICA.

PROGRAMMA

9.00 - 9.20 uur:	Ontvangst en koffie.
9.20 - 9.40 uur:	**DR. N. J. ZIMMERMAN**, (TH Delft); INLEIDING.
9.40 - 10.25 uur:	**IR. J. J. BAKKER**, (TH Delft); EEN ARCHITECTUUR VOOR DE BESTURING VAN EEN FLEXIBEL FABRICAGE SYSTEEM.
10.25 - 10.45 uur:	Koffie.
10.45 - 11.30 uur:	**IR. F. B. SPERLING**, (TH Delft); BENADERINGEN VAN NIET LINEAIRE ONTKOPPELINGSREGELING VOOR ROBOTS.
11.30 - 12.15 uur:	**IR. P. P. JONKER**, (TH Delft); ROBOT VISION.
12.15 - 13.00 uur:	Lunch.
13.00 - 14.15 uur:	Bezoek aan het robotlaboratorium van de Afdeling der Werktuigbouwkunde.
14.15 - 15.00 uur:	**PROF. DR. IR. E. BACKER**, (TH Delft); KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS IN ROBOTS.
15.00 - 15.20 uur:	Thee.
15.20 - 16.05 uur:	**DR. IR. P. P. L. REGTIEN**, (TH Delft); SENSOREN IN DE ROBOTICA.
16.05 - 16.50 uur:	**DR. IR. G. L. OOMEN**, (Optische Industrie de Oude Delft NV); REAL TIME 3-D SENSOR FOR WELDING ROBOTS.
16.50 uur:	Sluiting.

Deelname is voor iedereen vrij, introducee's en belangstellenden zijn van harte welkom.

Proceedings zijn op de lezingendag verkrijgbaar, voor studenten, leden van de IEEE, NERG en KIvI voor *f* 10,00, voor anderen *f* 20,00. Reservering van deze proceedings is mogelijk door gebruik te maken van de aangehechte aanmeldingskaart.

Tevens is het mogelijk de lunch te reserveren via deze kaart. De kosten van de lunch bedragen *f* 7,50. Wij willen u erop attent maken dat de meeste TH kantines gesloten zullen zijn op deze dag.

Deelnemers die van bovenstaande mogelijkheden gebruik wensen te maken dienen de aanmeldingskaart terug te sturen, voorzien van postzegel, **voor 15 juni 1986.**

De afdeling der Elektrotechniek is per openbaar vervoer te bereiken met bus 63 vanaf het Centraal Station. Per auto neemt u de afslag Delft-Zuid op rijksweg A13 tussen de Den Haag en Rotterdam, en volgt u de ANWB borden richting TH wijk. Het gebouw herkent u als het grootste, blauw rode gebouw in de omgeving.

Wij hopen u te mogen verwelkomen op deze lezingendag.

Namens de IEEE Student Branch Delft,
Caspar Horne, voorzitter.
Tel. 015 - 78 17 08

Delft, mei 1986.

ONTWERP, SPECIFICATIE EN VALIDATIE VAN PROTOCOLLEN

Ir. J. Kommer

PTT Dr. Neher Laboratorium

Design, Specification and Validation of Protocols. This article describes what a protocol is, and how it is designed as part of a telecommunication system. The parts of the specification of a protocol are considered and some ways to describe one of these parts, the functional specification, are illustrated by an example. What validation of a protocol means and how it is done, is the subject of the last part of this article. At this point problems in real life protocol engineering are considered.

1. INLEIDING

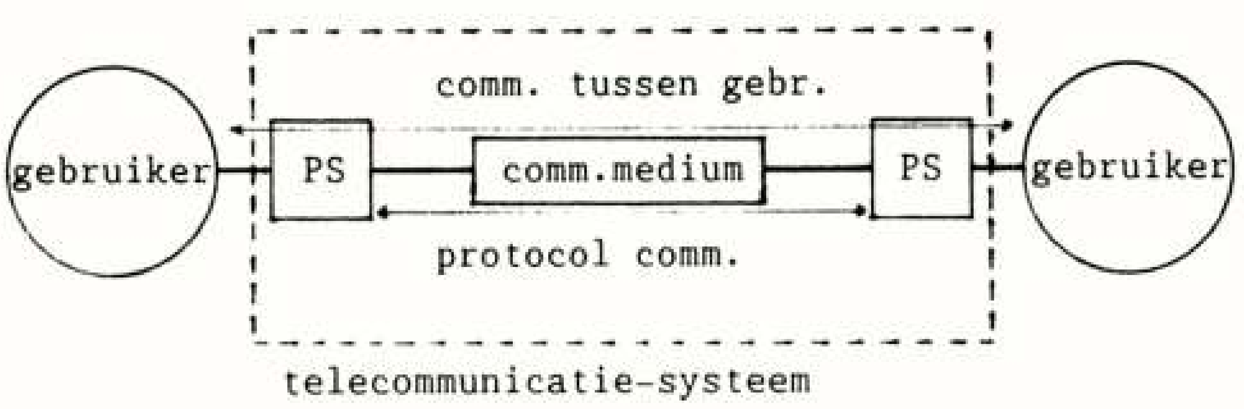
Bij alle vormen van communicatie is een aantal regels nodig voor het besturen van de communicatie. Deze regels hebben betrekking op de wijze waarop de communicatie tot stand wordt gebracht, wordt onderhouden (eventueel wordt gewijzigd van aard) en weer wordt beeindigd, en voorts de procedures die gevolgd moeten worden als een bericht verkeerd verstaan of begrepen wordt. Het geheel van deze, voor een bepaalde wijze van communiceren geldende, regels wordt een protocol genoemd.

Bij directe (mondelinge) communicatie tussen mensen zijn de regels van het protocol min of meer informeel vastgelegd. Dankzij het improviserend vermogen van de mens kunnen eventuele problemen "ad hoc", d.w.z. zonder dat daar vooraf vastgestelde regels voor nodig zijn, worden opgelost. Bij communicatie tussen machines onderling zoals die in een telecommunicatie-systeem plaatsvindt, kunnen eventueel optredende problemen echter niet op deze wijze worden opgelost. Machines bezitten geen improvisatie vermogen. Dit betekent dat het protocol dermate compleet moet zijn dat deze problemen niet op kunnen treden, of dat het regels bevat die alle niet vermoede problemen kunnen oplossen. Het ontwerpen van een protocol wordt hierdoor een zeer moeilijke taak, het is vrijwel onmogelijk alle problemen die bij het uitvoeren van het protocol kunnen optreden goed te voorzien. Het vakgebied dat zich met het opsporen van deze problemen bezighoudt heet protocol-validatie.

In dit artikel wordt het ontwerp-proces van een protocol beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op de wijzen waarop men een protocol kan specificeren en in een model kan beschrijven. Wat validatie van een dergelijk model betekent wordt in het laatste deel van dit artikel beschreven. Het geheel wordt geillustreerd met een voorbeeld.

2. PROTOCOL ONTWERP

Een protocol zorgt binnen een telecommunicatie-systeem voor besturing van de communicatie tussen gebruikers over een communicatie-medium (fig. 1). De gebruikers communiceren met elkaar met behulp van het protocol.



PS - Protocolstation

fig. 1

De regels van het protocol zijn geimplementeerd in protocolstations aan weerzijden van het communicatiemedium. Ten behoeve van het protocol worden tussen de protocolstations (besturings)berichten uitgewisseld. Daarnaast wisselen de protocolstations berichten uit met de gebruikers over de gebruikers-interfaces. De protocolstations vormen daarmee een paar communicerende processen.

Het protocol is een deel van een telecommunicatie-systeem. De eisen die aan een telecommunicatie-systeem gesteld worden zijn de basis voor het ontwerp van een protocol, en komen voort uit de behoeften van de gebruikers van het systeem. De eisen die aan een communicatie-systeem gesteld worden, betreffen prestatie (verwerkingscapaciteit en snelheid), omvang, betrouwbaarheid en geboden diensten. Deze eisen worden onder andere vertaald in de in het telecommunicatiesysteem gebruikte protocollen. Bij toenemende complexiteit van het systeem zullen deze protocollen bovendien belangrijker gaan worden, er zal dan meer besturing nodig zijn. Andere factoren waarvoor de eisen van belang zijn, zijn de netwerktopologie en de netwerkcapaciteit.

Tijdens het ontwerp van het telecommunicatie-systeem worden de eisen bepaald die aan protocollen in het systeem gesteld worden. In deze eisen worden naast de gewenste doelmatigheid (onderdeel van de prestatie, een eigenschap die vooral aan de netwerkcapaciteit is gekoppeld) en betrouwbaarheid, de diensten beschreven die het protocol moet bieden. De beschrijving van deze diensten vormt het eerste deel van de specificatie van het protocol en wordt veelal 'service-specificatie' genoemd. Het tweede deel van de specificatie is de gebruiksaanwijzing ('interface specificatie') van het protocol. Hierin wordt beschreven hoe het protocol gebruikt moet worden, hoe het te bedienen. Het derde deel van de specificatie is het resultaat van het ontwerp van het protocol; een beschrijving van de werking van het protocol. Dit derde deel van de specificatie kan 'functionele specificatie' worden genoemd. Hierin wordt de functionele opbouw van een protocolstation, met de toe te passen regels van het protocol, beschreven. De interface-specificatie is gekoppeld aan de functionele specificatie en de implementatie, het kan echter zijn dat er vooraf al eisen aan gesteld zijn. Daarmee komt dit deel van de specificatie ook in eerdere fasen van het ontwerpproces aan de orde. Met deze drie delen is het protocol volledig te beschrijven. De functionele specificatie wordt aan het eind van de ontwerpcyclus van het protocol geimplementeerd (fig. 2) in een protocolstation. De implementatie van het protocol kan door verschillende fabrikanten geschieden, implementaties van verschillende fabrikanten behoren daarbij zonder problemen met elkaar te kunnen communiceren.

Tijdens het ontwerp van een protocol vindt, als in de meeste andere ontwerpprocessen, een functionele decompositie plaats. Hierbij wordt het protocol in kleinere delen opgeplitst, gebruik makend van principes uit de systeemleer.

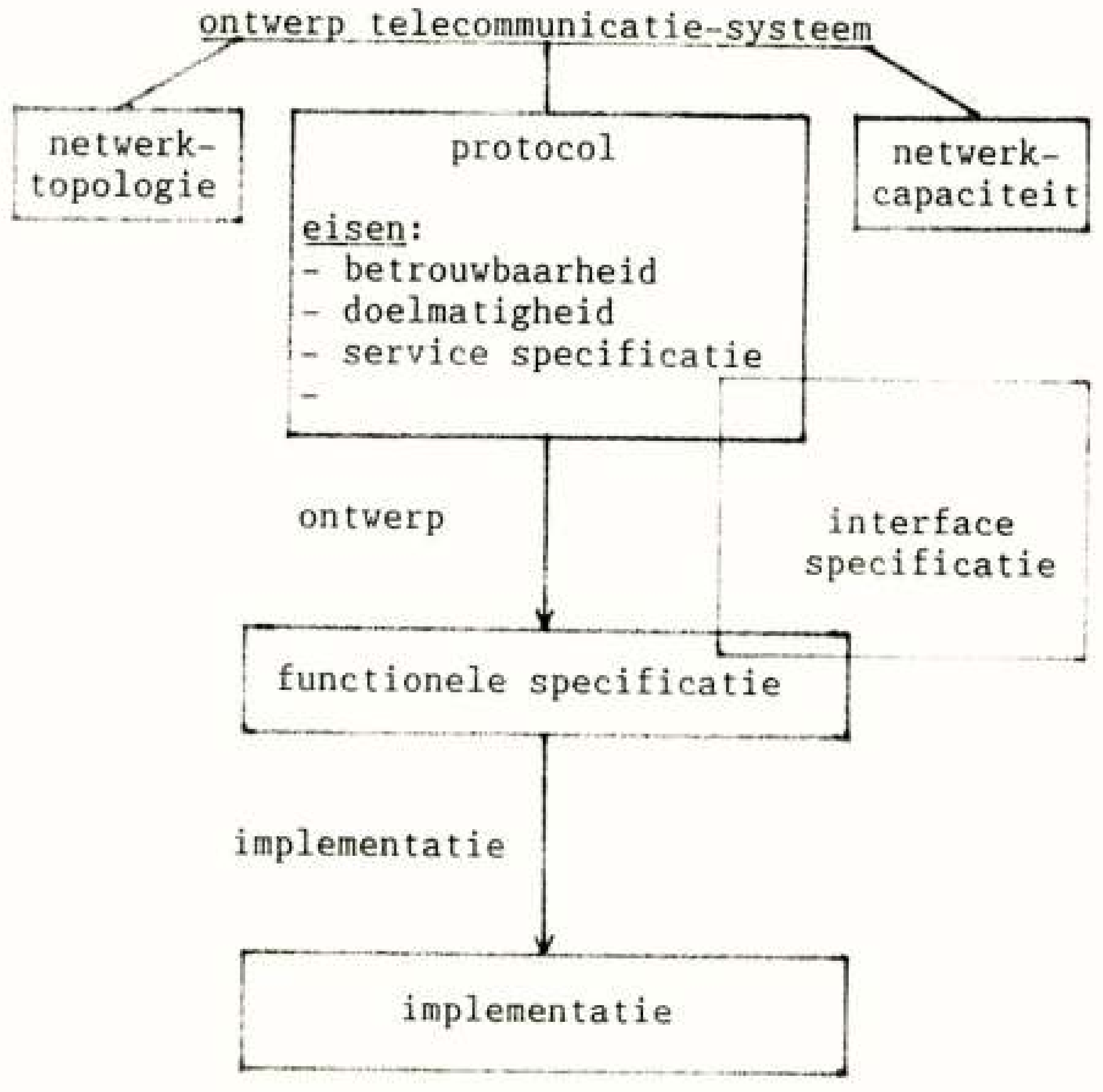
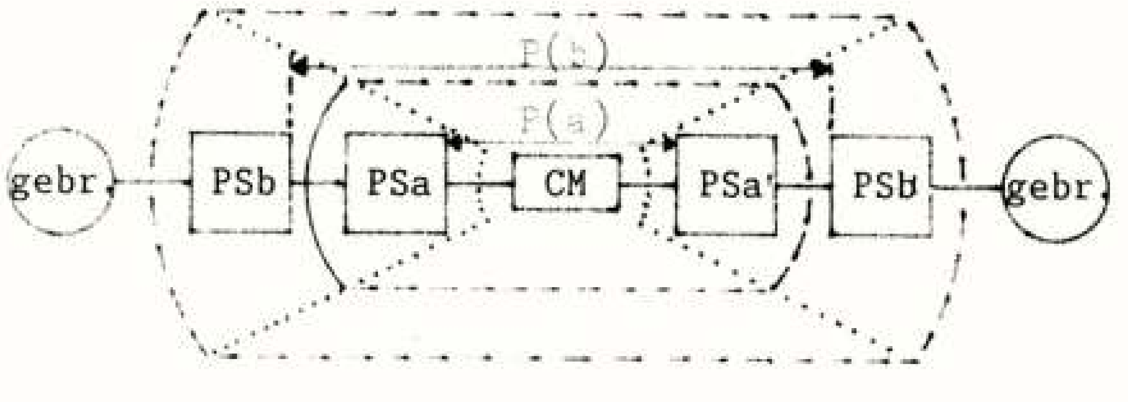


fig. 2

Een eerste principe uit de systeemleer welke wordt toegepast is het omhullen (fig. 3). Het paar protocolstations a en a', die met elkaar samenwerken volgens een protocol P(a), vormt een communicatie-medium voor twee protocolstations b en b'. Het paar protocolstations b en b' maken gebruik van diensten geboden door het paar protocolstations a en a' en voegen toe de diensten die het resultaat zijn van protocol P(b). Door dit principe herhaald toe te passen ontstaan schillen. Een groot voordeel van deze methode is dat de omgeving van elk protocol (N) hiermee beperkt is tot de onderliggende schil (N-1) en de bovenliggende schil (N+1). Door slechts een zijde van de communicatie, dus slechts een protocolstation te beschouwen, kan in plaats van een schil ook van een laag worden gesproken. Door deze techniek is een seriele systeemstructuur ontstaan zonder dwarsverbindingen, hetgeen het afzonderlijk verder ontwerpen van lagen eenvoudig mogelijk maakt (Nijhof'84).



PS - Protocolstation
CM - Communicatie-medium

fig. 3

Deze functionele opsplitsing is dus, mits goed gekozen, universeel bruikbaar. Dit heeft ertoe geleid de wijze van opsplitsing te standaardiseren. Het daarmee ontstane functionele model vormt een architectuur voor het verdere protocolontwerp. Voorbeelden hiervan zijn het door de ISO en CCITT gestandaardiseerde OSI-model en het door IBM gehanteerde SNA-model. Binnen deze modellen is de interface specificatie van de verschillende lagen voor een deel gestandaardiseerd en ook voor de service-specificatie zijn regels opgesteld (CCITT Rec. X200-X250). Binnen het kader van de architectuur vindt vervolgens het verdere ontwerp van protocollen plaats.

Het is slechts zelden mogelijk een protocol op een laag in een systeemdeel voldoende nauwkeurig te beschrijven. Er vindt derhalve binnen een laag veelal een verdere functionele decompositie plaats. Er worden nieuwe subsystemen en systeemblokken gedefinieerd, waartussen relaties beschreven worden (fig. 4). Dit resulteert in een bepaalde systeemstructuur. Daarbij wordt gestreeft naar zo min mogelijk relaties tussen de systeemdelen (geringe interactie), opdat de complexiteit te overzien blijft. Dit proces vraagt veel creativiteit en inzicht. De kriteria die daarbij gebruikt worden zijn samenhang in, en koppeling tussen systeemdelen (modulen).

Samenhang is een maat voor de verwantschap tussen componenten van een moduul. Meestal streeft men naar een zo groot mogelijke samenhang. Op deze manier hoopt men een geringe samenhang tussen de modules onderling te krijgen, en daarmee zo min mogelijk interactie. Samenhang wordt op grond van de volgende kenmerken beoordeeld.

- Toevallige samenhang. Geen duidelijk verband tussen de componenten.
- Logische samenhang. De componenten van een moduul verrichten taken die logisch samenhangen (moduul met alle invoerroutines).
- Samenhang in tijd. Een goed voorbeeld hiervan is een initialisatie moduul. De componenten hebben weinig samenhang maar worden op hetzelfde moment geactiveerd.
- Functionele samenhang. Alle componenten van een moduul dragen bij aan een moduulfunctie (bv. rekenfunctie).

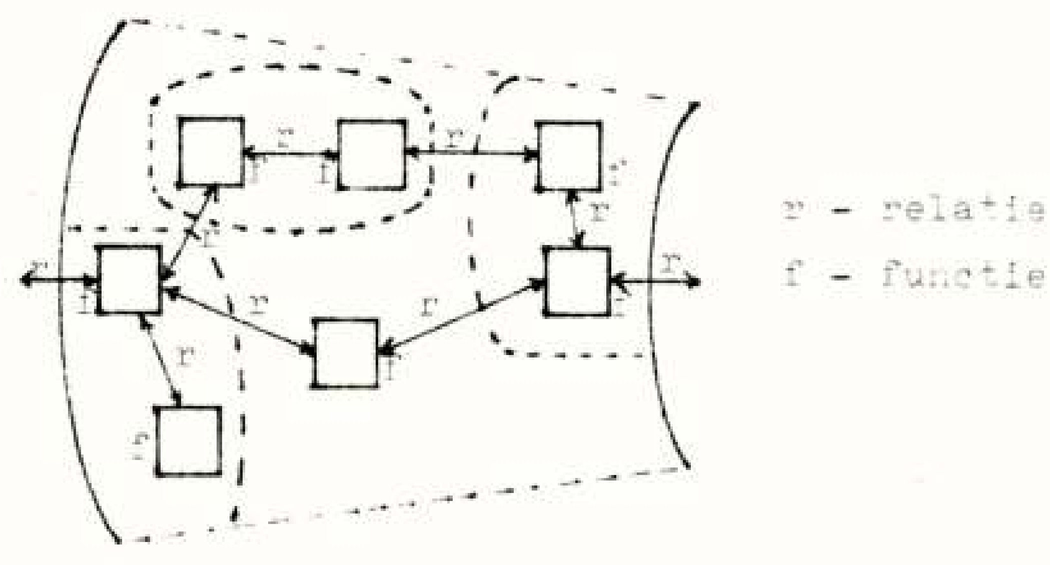


fig. 4

Het tweede structurele criterium is koppeling. Koppeling is een maat voor de sterkte van de verbindingen tussen de modulen onderling. Een hoge mate van koppeling treedt op als men het totale protocol op een willekeurige manier opsplitst. Het systeem krijgt daardoor een mozaiek structuur. Het andere extreem is een zuivere boomstructuur, waarbij van hierarchie sprake is. Men streeft naar een zo gering mogelijke koppeling, dus veelal naar de hierarchische boomstructuur. Dit zal het protocol overzichtelijk houden. Helaas impliceert een boomstructuur veelal veel overhead, dus geringere doelmatigheid. Dit kan de ontwerper tot een compromis dwingen. Daarnaast is het niet altijd mogelijk om de doorsnijdingen zo te kiezen dat deze structuur ontstaat, en kan het economische voordelen bieden van de hierarchische structuur af te wijken (Vliet'84).

3. PROTOCOL SPECIFICATIE

Er is naar te streven de technische invulling van de functionele specificatie vrij te laten. Dit maakt het mogelijk dat veranderde technische inzichten in een nieuwe implementatie verwerkt kunnen worden. Hiertoe moet de functionele specificatie functies van blokken en relaties tussen blokken beschrijven. De blokken bestaan daarbij uit communicerende processen en

subsystemen met meer communicerende processen. Hoe binnen de blokken de functies vervuld worden en hoe de relaties tot stand komen (een taakomschrijving) hoort niet aan de orde te komen. Het abstractieniveau van de functionele specificatie dient zo gekozen te worden dat alle implementaties die aan de specificatie voldoen, met elkaar communicerend, aan alle gestelde eisen voldoen. De specificatie moet bovendien doorzichtig zijn, opdat implementeurs hem eenduidig interpreteren. Tussen de functionele specificatie en de uiteindelijke implementatie zal hiermee nog een beschrijving noodzakelijk zijn. Hierin wordt beschreven op welke de wijze de implementatie geschiedt. Deze beschrijving zou 'bestek' kunnen worden genoemd, en heeft meestal betrekking op een computer-programma.

De functionele specificatie kan op formele en informele wijze beschreven worden. Het verschil tussen formele en informele wijzen van beschrijving kan vooral gezocht worden in de eenduidigheid, geldigheid en vooral grondslag van de afspraken die erover gemaakt zijn.

Een informeel beschreven specificatie is opgezet in natuurlijke taal. Structuur en procedures van het protocol worden beschreven, waarbij veelal gebruik wordt gemaakt van illustraties als blokstructuren of berichtendiagrammen. Hoewel de toevoeging van illustraties verhelderend kan werken, maken ze de specificatie niet completer of eenduidiger. Dit komt voornamelijk omdat het protocol er niet krachtig genoeg mee beschreven kan worden. Hoewel er veel nadelen kleven aan de informele beschrijvingswijze, worden helaas nog steeds veel protocollen op die manier gespecificeerd.

Een formele beschrijvingstechniek daarentegen, heeft een wiskundige grondslag, is logisch onderbouwd. Over formele beschrijvingstechnieken zijn en worden op eenduidige wijze afspraken gemaakt door organisaties als CCITT en ISO. Natuurlijke taal blijft naast formele beschrijvingstechnieken bruikbaar, het kan de specificatie bijvoorbeeld sneller interpreteerbaar maken.

Een formeel beschreven specificatie bestaat uit twee delen. Het eerste deel beschrijft de statische karakteristieken van het protocol (bijv. de plaats van een bericht in een frame en datastructuren), het tweede deel de dynamische karakteristieken (procedures). Voor de beschrijving van de dynamische karakteristieken van een communicerend proces bestaan twee methoden.

De eerste (en bekendste) methode beschrijft het inwendige van het proces. Daarbij wordt veelal gebruik gemaakt van Finite State Machine technieken zoals die onder andere bekend zijn uit de schakeltechniek. Een voorbeeld van een van deze methode gebruik makende specificatietaal is het door de CCITT gestandaardiseerde SDL (CCITT Rec. Z100-Z104, Specification and Description Language) De specificatie mag bij deze methode eigenlijk niet functioneel meer heten, het proces is inwendig immers al ingevuld, onder andere met toestanden.

De tweede methode probeert het gedrag van het proces te beschrijven, kan dus wel functioneel genoemd worden. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van recente inzichten in programmeertalen. Men beschrijft generatieve regels en legt op die manier de syntax van het protocol (taal) vast. Deze benadering van een protocolspecificatie staat momenteel erg in de belangstelling. De ISO is bezig een beschrijvingstaal (LOTOS - Language Of Temporal Ordering Specification) volgens deze methode te ontwikkelen en te standaardiseren. Hierbij is de Nederlandse TH-Twente zeer nauw betrokken (ISO'85).

Een eenvoudig protocol, waarin een verbinding wordt opgebouwd, enige informatie wordt verzonden, en waarin vervolgens de verbinding weer wordt afgebroken, dient als voorbeeld voor de verschillende specificatie-methoden.

In de informele specificatie wordt het protocol beschreven op een manier die tevens als beschrijving in dit artikel kan dienen. Daarbij moet wel bedacht worden dat het hier een zeer klein protocolletje betreft, bij reele (grote) protocollen zal deze beschrijving snel lijvig en ondoorzichtig worden.

Het protocol heeft tot doel enige informatie van piet naar jan over te brengen. Tijdens de opbouw van de verbinding wordt gecontroleerd of er een fysieke verbinding bestaat en of beide processen activeerbaar zijn. Deze procedure wordt opgestart door jan, die hiertoe een bericht 'init' verzendt. Piet kwijt dit bericht met het bericht 'ack' (fig. 5). Deze procedure wordt door jan met een timer bewaakt.

Als deze procedure succesvol verloopt vindt de data-overdracht procedure plaats. Daarin vraagt jan om data met het bericht 'request'. Indien piet data voorhanden heeft wordt deze teruggestuurd in een bericht 'data', indien er geen informatie voorhanden is doet piet niets. De 'request'-'data' bericht uitwisseling kan een willekeurig aantal malen herhaald worden. Ook deze procedure wordt door jan met een timer bewaakt.

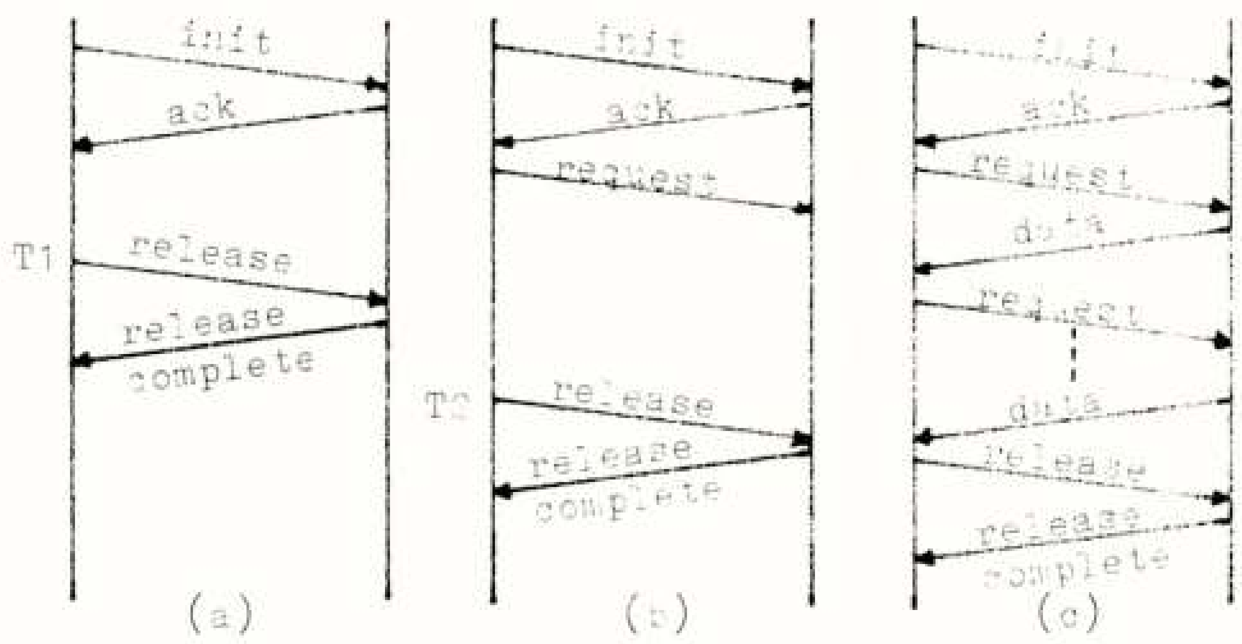


fig. 5

Het afbreken van de verbinding vindt plaats als de verbindings-opbouw procedure niet lukt (fig. 5a), als piet geen informatie (meer) voorhanden heeft (fig. 5b), of als jan genoeg informatie heeft gekregen (fig. 5c). De eerste twee gevallen worden door jan gedetecteerd bij het aflopen van een van beide timers, tot het derde geval kan het zelfstandig besluiten. Ook de verbindingsafbraak wordt door jan begonnen, het zendt daartoe een bericht 'release'. Dit bericht wordt door piet met het bericht 'release complete' gekweten.

Meestal worden in de informele specificatie ook toestanden beschreven (geillustreerd met toestandsdiagrammen), dit is echter niet noodzakelijk.

In SDL worden naast de genoemde berichten altijd toestanden gedefinieerd (fig. 6). SDL beschrijft een 'Extended Finite State Machine', een Finite State Machine uitgebreid met variabelen. SDL processen wachten in toestanden op elkaars berichten. Voor het ontvangen van berichten bezit elk proces een FIFO-ingangsbuffer. De syntax van SDL gebiedt onder andere dat een toestand alleen gevolgd kan worden door een invoersymbool of bewaarsymbool (de laatste is in fig. 6 niet gebruikt), zodat alleen in toestanden gewacht kan worden. SDL kent voor alle toestanden de zogenaamde 'impliciete transitie', welke stelt dat een bericht dat binnen een bepaalde toestand niet als ontvangbaar is gedefinieerd, weggegooid wordt. Daarbij blijft het proces in dezelfde toestand. Naast het weergegeven 'graphic-like' SDL bestaat er ook een 'program-like' versie, en een 'picture-like' vorm. Ook voor de weergave van de algehele processen-systeemstructuur zijn regels gedefinieerd, evenals voor toestanddiagrammen, signaallijsten en signaal toestand-diagrammen (CCITT Rec. Z100-Z104).

Is het niet moeilijk een SDL specificatie zonder voorkennis van SDL enigszins te begrijpen; een LOTOS specificatie is in dit opzicht wat minder gemakkelijk. LOTOS is gebaseerd op Milner's 'Calculus for Communicating Systems' (Milner'80). Hierin wordt communicatie tussen processen met expressies beschreven. In de volgende beschrijving wordt getracht iets van de betekenis van de symbolen in de beschreven specificatie te verklaren.

In LOTOS worden de communicerende processen in een context gedefinieerd. In de context worden (:=) de processen gedeclareerd en kunnen tussen de processen

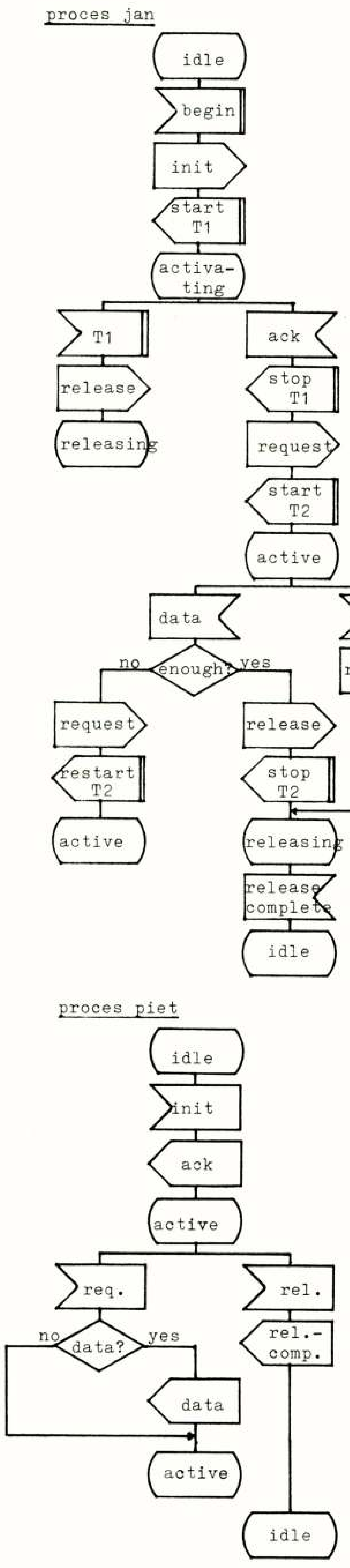
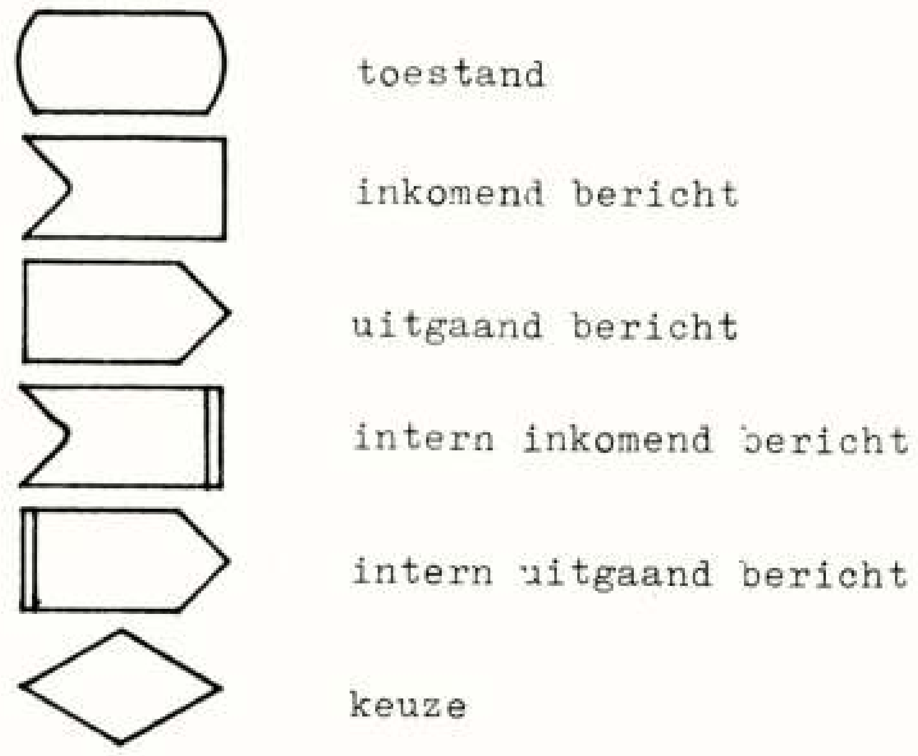


fig. 6



interactiepunten worden gedefinieerd. Door de interactiepunten kan in de overige delen van de specificatie vervolgens gecommuniceerd worden. In deze specificatie is er slechts een interactiepunt die met de symbolenreeks '(||)\[gate]' is gedeclareerd. Bij declaraties zijn formele parameters meegegeven, op een overeenkomstige manier als in procedures van programma's.
In de processen wordt het verzenden van een boodschap naar een interactiepunt aangegeven met 'interactiepunt!boodschap'. Het ophalen van een boodschap uit een interactiepunt wordt weergegeven met eenzelfde statement, waarbij inplaats van een uitroepteken een vraagteken gebruikt wordt. Hierbij moet tevens aangegeven worden wat voor boodschap het betreft (bijv. bericht ':mes'). Het interactiepunt is in deze specificatie lokaal naar het achterliggende proces genoemd. De puntkomma geeft volgorde aan, terwijl het symbool '[]' een keuze beschrijft. Binnen de processen zijn procedures in de vorm van processen gedefinieerd.

De voor- en nadelen van de beide beschrijvingstechnieken kunnen in dit korte bestek helaas niet belicht worden. Met LOTOS moet bovendien nog ervaring worden opgedaan, de taal is fonkelnieuw. In geen van beide voorbeelden worden de specificatietalen bovendien geheel correct en volledig gebruikt, de specificaties zijn hier niet compleet. Daarbij wordt benadrukt dat op het statische deel van de specificatie zelfs in het geheel niet ingegaan wordt. De aard van beide talen is fundamenteel anders, waardoor er ook bewuste verschillen tussen de beide specificaties bestaan. De impliciete transitie van SDL is bijvoorbeeld niet in de LOTOS-specificatie opgenomen. De voorbeelden geven echter wel een aardige indicatie van de verschillen in de aard van de beschrijvingsmethoden.

4. TESTEN

We willen graag dat het resultaat van het ontwerpproces, de implementaties van het protocol, voldoen aan de eisen die we er in eerdere fasen van het ontwerpproces aan gesteld hebben. Het protocol moet als onderdeel van het communicatiesysteem in de behoeften van de gebruikers voldoen. Dit controleert men door testen.

Tijdens testen probeert men fouten op te sporen. Het is niet goed mogelijk een precieze eenduidige definitie van het woord 'fout' te geven. Het begrip is namelijk relatief. Als bijv. een implementatie fout is, is het steeds fout ten opzichte van iets (de eisen, de specificatie). Tijdens het testen moet men zich dan ook voortdurend bewust zijn ten opzichte van wat (de testparameters) men probeert te testen.

Net als een fout is een test dus een relatief begrip. In de ontwerpcyclus van een protocol zijn verschillende testen mogelijk, welke bovendien onder verschillende namen bekend staan (fig. 8).

Meestal worden onder het oorspronkelijke begrip testen de relaties tussen de implementatie en de overige delen bedoeld. Men test of de implementatie in

```
process context[time]
:=
 ( jan[gate,time]
   ||
   piet[gate]
 )\[gate]
where
 process jan[piet,time]
 :=
  piet!init;
  (( piet?ack:mes; piet!request;
     looppr[piet,tijd](false)
   )
  []
   ( timer(T) >> ( piet!release;
                   piet?release_complete:mes; stop
                 )
   )
  )
 where {looppr}
  process looppr[p,t]
  :=
   (( p?data:mes;
     (( i; p!request; looppr[p,t]
      )
     []
      ( i; p!release; p?release_complete:mes; stop
      )
     )
    )
   []
    ( timer(T) >> ( p!release;
                    p?release_complete:mes; stop
                  )
    )
   )
  endproc {looppr}
 endproc {jan}
 process piet[jan]
 :=
  (( jan?init:mes; jan!ack; loop[jan]
   )
  )
 where
  process loop[j]
  :=
   (( j?request:mes;
     (( j!data; loop[j]
      )
     []
      ( loop[j]
      )
     )
    []
    ( j?release; j!release_complete; stop
    )
   )
  endproc {loop}
 endproc {piet}
endproc {context}
```

fig. 7

de behoefte voldoet of aan de specificaties voldoet. Tijdens het eigenlijke ontwerp vormt een test een terugkoppeling. Delen van het ontwerpproces moeten na geconstateerde tekortkomingen opnieuw doorlopen worden (bijv. prototyping). Als een ontwerp afgerond is, en het zonder meer mogelijk is goede implementaties op grond van de specificaties te maken, vormt een test een keuring. Men wil graag weten of een bepaalde implementatie aan de specificaties voldoet (certificatie of conformance testing).

Men kan tijdens het ontwerp ook testen of de functionele specificatie aan de eisen (doelmatigheid, veiligheid en service) voldoet. Deze test kan verificatie worden genoemd. Een onderdeel van de verificatie, te weten de test ten opzichte van de veiligheid of betrouwbaarheid, wordt veelal validatie genoemd. Eisen ten aanzien van veiligheid en betrouwbaarheid zijn algemeen (altijd dezelfde testparameters), hetgeen ertoe geleid heeft dit belangrijke onderdeel van de verificatie te trachten te formaliseren.

Tijdens de verificatie van een protocol moeten we bepaalde eigenschappen testen die direct verband hebben met de eisen die we stellen.

Voor een eenvoudige beschouwing van de eisen aan een protocol ga ik even uit van een intentionele functionele specificatie door middel van een procesbeschrijving. De eisen kunnen hierop als volgt worden geprojecteerd.

Een proces kan beschouwd worden als een volgorde van handelingen of taken. In een proces kunnen beslissingen genomen worden wat betreft de volgorde en

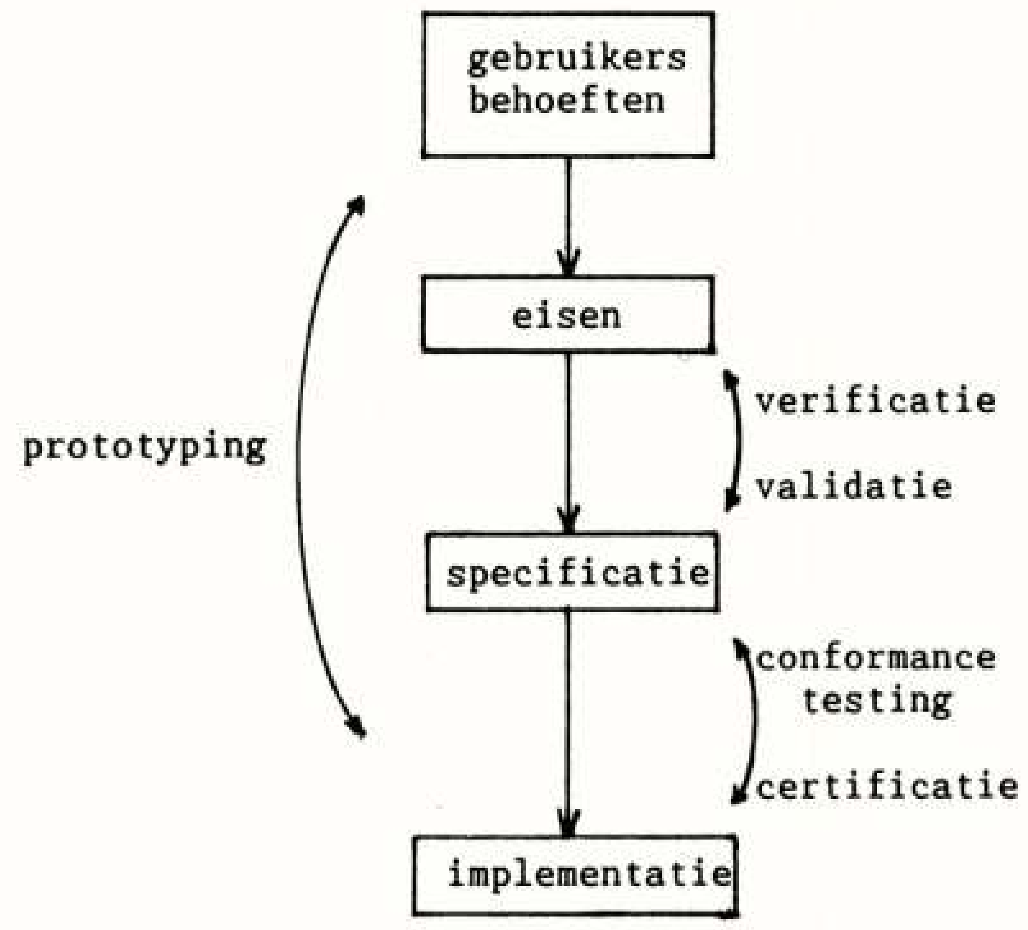


fig. 8

de keuze van de taken. Een proces kan een eenmalig resultaat opleveren. Het resultaat is dan gerealiseerd als het proces geheel, met de juiste volgorde van de juiste taken, doorlopen is. Het geheel doorlopen van het proces kan gerelateerd worden aan de veiligheid, voor de veiligheid moet continuiteit gewaarborgd zijn. De juistheid van de volgorde en de taken kan gezien worden als de correcte werking, een eigenschap die de juiste geboden service (het resultaat) garandeert. Maat voor de doelmatigheid is de hoeveelheid onnodige volgordes van taken.

Bij een protocol is het moeilijker om van resultaten van processen te spreken. Een protocol geldt continu (regels), de beschreven processen zullen continu werken. Bovendien wordt een protocol door minstens twee communicerende processen vertolkt. Het resultaat ligt niet eenduidig bij het doorlopen van een proces. De vertaling van eisen naar eigenschappen is daardoor voor een protocol veel complexer. Slechts de eigenschappen wat betreft veiligheid zijn redelijk te doorzien.

5. PROTOCOL VALIDATIE

De veiligheid of consistentie van protocollen, als bestudeerd tijdens de protocolvalidatie, kan gerelateerd worden aan een aantal eigenschappen van de gespecificeerde communicerende processen. Als voorbeeld wordt daarbij uitgegaan van een model met drie communicerende processen (fig. 9). De processen in dit model communiceren met elkaar via buffers. Elk proces heeft een eigen ingangsbuffer waarin het berichten ontvangt. Een verzonden bericht met een bepaalde bestemming wordt in de ingangsbuffer van het geadresseerde proces gedeponeerd. Het oudste bericht in de buffer wordt het bijbehorende communicerende proces aangeboden (FIFO - First In First Out). Een dergelijk model wordt bijvoorbeeld in SDL gehanteerd. Andere modellen, waarbij de aard van de buffers (niet FIFO) of de plaats van de buffer(s) anders is zijn echter ook mogelijk.

Van het bestudeerde model kunnen we de volgende eigenschappen met betrekking tot de veiligheid of betrouwbaarheid beschouwen.

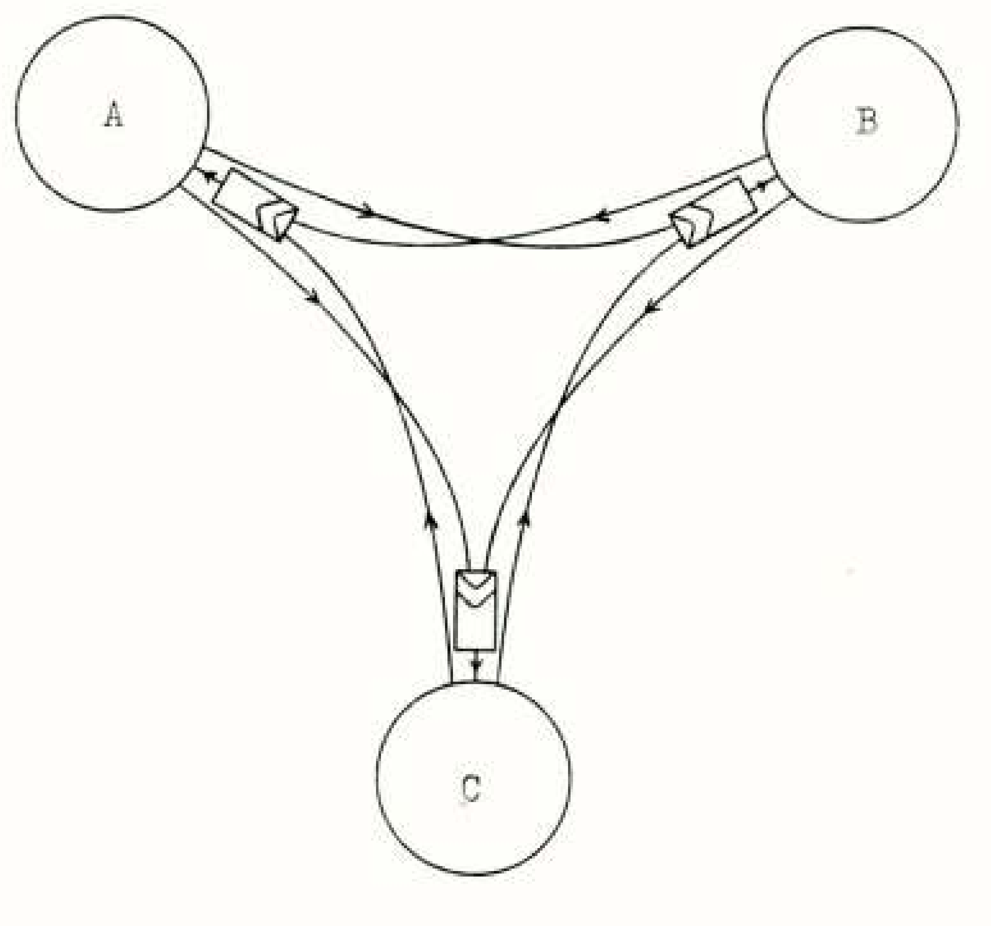


fig. 9

1. Vrij zijn van deadlocks
Als een van de processen definitief in zijn voortgang stokt, ofwel ergens blijft hangen, dan is dit proces in deadlock. Het proces zal daardoor stoppen met communiceren, iets wat we zeker niet willen. Deze deadlock wordt ook wel statische deadlock genoemd. De statische deadlock is iets wat mogelijk slechts bij een proces kan optreden en niet voor de gehele communicatie hoeft te gelden (communicatie tussen andere processen kan wellicht evengoed doorgaan).

Globaal zijn er drie oorzaken van statische deadlocks te onderscheiden.

a. Het eerste type deadlock wordt intern in het communicerende proces veroorzaakt. Dit type deadlock is te vergelijken met deadlocks welke in gewone programma's kunnen voorkomen. Het programma voert een handeling uit (cyclisch of statisch) welke nooit zal eindigen. Hierdoor zal de communicatie van het programma (in- en uitvoer) stokken.

b.Een deadlock kan ook veroorzaakt worden door een verstopte (FIFO) ingangsbuffer van het in deadlock verkerende proces. Het proces heeft dan een bericht gekregen waar het niets mee kan doen, het herkend het bericht niet, en het bericht blijft staan.

c. Als niet herkende berichten uit de ingangsbuffer verwijderd worden dan zal dit type deadlock niet meer voorkomen. Een communicerend proces met een dergelijke ingangsbuffer (als in SDL) verwacht een bericht uit een bepaalde verzameling berichten. Deze verzameling wordt na elke berichtontvangst bijgesteld. Als geen van de berichten uit de verzameling daarna kan binnenkomen (door de toestand van de omgeving van het proces) dan kent het proces geen voortgang meer en is het ook in deadlock. Er is dan sprake van een onbalans tussen het proces en de rest van het systeem. De laatste twee types deadlock zijn typerend voor communicatie.

Naast de statische deadlock kennen we ook de dynamische deadlock. Bij een dynamische deadlock zijn meer (hoeft weer niet alle) processen via de onderlinge communicatie in een onvermijdelijke oscillatie. de oscillatie is niet produktief en kent geen uitweg.

2. Bestendigheid
In de loop van de tijd moet een proces altijd hetzelfde gedrag kunnen vertonen. Men wil niet dat er in de loop van de tijd delen van het gedrag niet meer kunnen voorkomen. In het proces zelf betekent dit dat nieuwe delen van het proces altijd bereikbaar moeten blijven.

Bovenstaande eigenschappen zijn essentieel voor het goede functioneren van het protocol-systeem. De volgende eigenschap betreft vooral doelmatigheid.

3. Vrij zijn van ongewenst herhaald gedrag
Als een proces hetzelfde gedrag herhaald vertoont, dus herhaald dezelfde berichtenvolgordes produceert en consumeert dan kan het zijn dat dit proces niet produktief het protocol benut. Men zou hierbij van een eindige oscillatie tussen een proces en de rest van het systeem kunnen spreken. In het proces zelf is dit herhaalde gedrag te herkennen aan lussen in de procesgang of taakafhandeling. Deze eigenschap is moeilijker te testen aangezien bepaalde vormen van herhaald gedrag juist gewenst zijn, betekenis hebben in het protocol.

De specificatie dient bovenbeschreven eigenschappen te bezitten. Dit betekent dat tijdens de executie van een protocol de beschreven situaties niet mogen kunnen ontstaan. Hierbij speelt het toeval een grote rol, men kan op grond van een goede werking van een protocol gedurende een bepaalde tijd (bijv. bij een simulatie) niet beweren dat het protocol deadlock-vrij is. Dit betekent dat validatie op formele grondslag moet geschieden, vergelijkbaar met bijvoorbeeld het doorrekenen van een staalconstructie. Hierbij is ook een formele specificatie noodzakelijk.

In het voorbeeld dat diende om de verschillende beschrijvingsmethoden voor de functionele specificatie te illustreren, zit een potentiele deadlock. Indien de

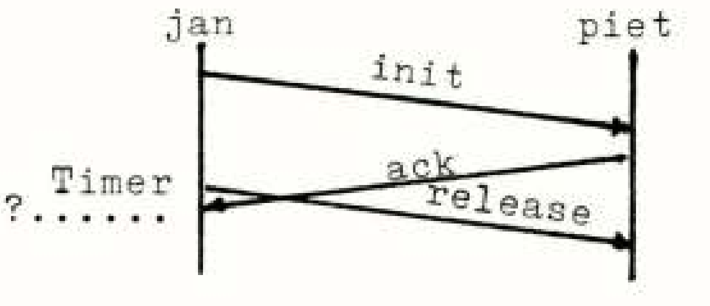


fig. 10

timer van de opbouw-procedure namelijk afloopt op een moment dat het 'ack'-bericht onderweg is, kan bij de uitzending van het 'release' bericht een kruising van berichten optreden (fig. 10).
Dit heeft een synchronisatiefout tot gevolg. Deze synchronisatiefout kan, afhankelijk van het gebruikte buffermechanisme, een deadlock van jan tot gevolg hebben. Bij gebruik van een gewone FIFO-buffer wordt na de uitzending van 'release' het bericht 'ack' door jan niet meer herkent, hetgeen een verstopte buffer, dus een deadlock tot gevolg heeft. Indien in impliciete transities is voorzien (SDL), zal het 'ack'-bericht uit de buffer verwijderd worden. Dit betekent dat de communicatie normaal voort kan gaan. Door de timer van de dataoverdracht-procedure kan een soortgelijke deadlock veroorzaakt worden.

Dit voorbeeld geeft aan dat men moet oppassen met timers. Ze kunnen deadlocks voorkomen, ze kunnen echter ook oorzaak zijn van deadlocks. Ook blijkt hoe belangrijk het communicatie mechanisme is bij het voorkomen van deadlocks. Hierbij wordt opgemerkt dat door mechnismes als de impliciete transitie de functionele werking van het protocol nadelig beinvloed kan worden; men zet in feite een syntax-fout om in een semantische-fout.

De technieken die voor protocolvalidatie ontwikkeld zijn, berusten grotendeels op dezelfde filosofie: bereikbaarheidsanalyse. Bij bereikbaarheidsanalyse wordt gebruik gemaakt van een meta-model van het protocol. Dit model wordt gevormd door twee of meer, via buffers van een bepaald type, communicerende processen, vormende twee met elkaar communicerende protocolstations. Er wordt getracht alle mogelijke executievolgorden (dus alles wat er tijdens het gebruik van een protocol kan optreden) van dit model te onderzoeken op het voldoen aan bepaalde kenmerken, kenmerken die betrekking hebben op de te onderzoeken eigenschappen. Een dergelijke techniek bestaat uit twee delen.

1. Vindt alle executievolgorden
2. Test al deze volgorden op bepaalde kenmerken.

Het vinden van alle executievolgorden kan problemen geven. Wat is namelijk alle, hoever moet men gaan? Als bijvoorbeeld het protocol communiceert over een gestoord kanaal (laag 2 van het OSI-model) kan het zijn dat berichten niet, of vervormd overkomen. Dit dient men op acceptabele wijze in het model in te voeren. Daarnaast dient ook onderzocht te worden wat voor gevolgen ongeoorloofd gebruik heeft (gebruik anders als de gebruiksaanwijzing (interface specificatie) van het protocol aangeeft). Dit is vooral van belang als het protocol direct met de gebruiker communiceert (bovenste lagen van het OSI-model). Hoe vaak bestaat een praktijktest niet uit willekeurig rammelen op een terminal? Het aantal executievolgorden is bovendien feitelijk oneindig, aangezien de in een protocol beschreven processen cyclisch zijn. Aan te tonen is dat executievolgorden als gevolg van de cyclische processen ook cyclisch of periodiek zijn, hetgeen betekent dat men kan uitgaan van een periode. De periode is voor twee met elkaar communicerende processen snel te vinden en relatief kort. Bij een toenemend aantal processen wordt de periode echter snel zeer groot, en bovendien moeilijker te herkennen.

Ook is het moeilijk om kenmerken te vinden die eenduidig de eigenschappen die onderzocht worden weergeven. Vooral bij modellen met meer dan twee processen is dit moeilijk; als we de directe communicatie tussen proces A en B van figuur 9 bestuderen houden we geen rekening met de indirecte communicatie tussen deze processen via proces C. Wat de te definieren kenmerken betreft blijkt iedere beschijvingstechniek van het bestudeerde model bovendien z'n voor en nadelen te hebben.

Als men deze moeilijkheden (gedeeltelijk) overwonnen heeft rijst het volgende probleem; het aantal executievolgorden stijgt explosief met de grootte van het model (combinatorische explosie). Dit heeft de wens gegeven de validatie zoveel mogelijk geautomatiseerd te laten geschieden. Ook daarbij blijven er echter beperkingen; het probleem is fundamenteel van aard en zal zelfs bij het gebruik van de allerkrachtigste computers blijven bestaan. Validatie van complexe protocollen is daardoor met bereikbaarheidsanalyse vrijwel onmogelijk.

De eerste resultaten met bereikbaarheidsanalyse werden, daarbij gebruik makend van theorieen rond de van oudsher bekende Finite State Machines (FSM), met intentioneel beschreven modellen bereikt. De gebruikte technieken bleken bovendien goed automatiseerbaar, hetgeen ertoe geleid heeft dat enkele eenvoudige protocollen met succes gevalideerd zijn (Rudin'82). Bij grote protocollen stuit men echter op de geringe kracht van het model en de grenzen van de gebruikte computersystemen.

Met extentionele beschreven modellen zijn de laatste jaren ook aardige resultaten bereikt. Aan de TH-Delft wordt bijvoorbeeld onderzoek gedaan aan het PANDORA protocol-validatie systeem (Holzmann'84). Dit systeem werkt met een extentioneel beschreven model, op basis van reguliere expressies (Holzmann'82). Ook aan het Centrum van Wiskunde en Informatica wordt op dit gebied onderzoek verricht (Bergstra'85). Grote extentioneel beschreven protocollen zijn helaas echter ook moeilijk te valideren.

Men wordt gedwongen zich bij validatie tot kleine te valideren modellen te beperken. Om van een groot protocol dergelijke modellen af te leiden zijn er twee methoden te bedenken; men kan op hetzelfde (lage) abstractieniveau blijven door functies uit het protocol te projecteren (projectie), of men kan naar een hoger abstractieniveau gaan waarbij in algemenere termen wordt gedacht (abstractie). Hierbij maakt men eigenlijk gebruik van technieken die eerder bij het ontwerp van het protocol tijdens de functionele decompositie gebruikt zijn, de methoden maken gebruik van vormen van samenhang. Voor algehele validatie van het protocol dient men vervolgens aan te tonen dat de som van de gedane validaties de validatie van het gehele protocol betekent.

Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat men voor validatie delen van de systeemstructuur, zoals deze uit het ontwerp is voortgekomen, kan gebruiken. Voor de abstractie gaat men daarbij bijvoorbeeld uit van subsystemen onderling, voor de projectie bijvoorbeeld van processen in subsystemen. Helaas zijn dergelijke validatiemodellen veelal niet zinvol, of zijn ze nog steeds te groot. Bepaalde vormen van samenhang zijn gewoon ook niet geschikt voor validatie. Voor wat betreft de abstractie zijn de subsystemen bovendien niet geschikt gespecificeerd, men zal daarbij dus op eigen interpretatie moeten afgaan, hetgeen het formele karakter van validatie verloochend. Bij het opsplitsen t.b.v. validatie streeft men bovendien naar een zeer geringe koppeling, in feite streeft men zelfs naar onafhankelijkheid. De oorzaak hiervan is dat men de relaties met de omgeving van een bepaalde opsplitsing in het validatiemodel moet opnemen, anders is de validatie in het kader van de algehele protocol-validatie niet zinvol. Deze relaties dienen bovendien voorspelbaar te zijn, anders zullen ze niet in het validatiemodel op te nemen zijn (in feite simuleert men de relaties). Helaas is het vrijwel onmogelijk een protocol in zeer kleine delen op te splitsen met een zo geringe koppeling. Dit heeft men eerder tijdens het ontwerp van het protocol al ervaren. Het bleek daarbij ook niet altijd mogelijk te zijn doorsnijdingen zodanig te kiezen dat een zeer geringe koppeling ontstaat (Kommer'85).

Hierbij kan nog opgemerkt worden dat gestandaardiseerde protocollen soms een chaotische systeemstructuur hebben. Dit laatste kan veroorzaakt worden door de internationale omgeving waarin protocolontwerp plaatsvindt. Hierbij speelt politiek een grote rol, en kunnen veranderende eisen tijdens het ontwerp van een protocol (het ontwerp van een protocol vergt vele jaren) tot een chaotische, veelvuldig aangepaste specificatie leiden. Protocollen in de bedrijfsomgeving munten meestal ook niet uit in hun gestructureerdheid; zolang ze werken dan is het goed.

Wat overblijft is de mogelijkheid om op basis van eigen creativiteit en interpretatie 'validatie gevoelige' delen van een protocol in modellen weer te geven. Deze modellen kan men vervolgens valideren. Een dergelijke validatie kan echter nooit volledig zijn. Validatie kan daardoor over het algemeen de aanwezigheid van fouten aantonen, niet de afwezigheid.

DANKWOORD

De auteur wil Prof. de Kroes en zijn mentoren van de TH-Delft, de heren Sparreboom en Beukers, alsmede de heren Gierveld en Van Loon van het Dr. Neher Laboratorium, bedanken voor de vele leerzame discussies over het beschreven vakgebied. Dank is ook verschuldigd aan de heren Tilanus en Swaab van het DNL, zij hebben de LOTOS-specificatie grotendeels opgesteld.

LITERATUUR

CCITT Rec. X200-X250,
Data Communication Networks,
Open Systems Interconnection (OSI)
System Description Techniques
VIIIth plenary assembly, Malaga Torremolinos, 1984

CCITT Rec. Z100-Z104
Functional Specification and Description Language (SDL)
VIIIth plenary assembly, Malaga Torremolinos, 1984

ISO, Information Processing Systems,
Open Systems Interconnection
LOTOS - A Formal Description Technique based on Temporal Ordering of Observational Behaviour
ISO/DP8807 (March 1985)

Bergstra, J.A., Klop, J.W.
Algebra of Communicating Processes with abstraction
Theoretical Computer Science 37 (1985)

Holzmann, G.J.
A Theory for Protocol Validation
IEEE Transactions on Computers,
Vol. C-31, No.8, aug. 1982

Holzmann, G.J.
The PANDORA system; An interactive system for
the design of data communication protocols
Computer Networks, Vol 8, No 2, april 1984

Kommer, J.
Validatie van C7 laag 2 en 3 met PANDORA
Afstudeerverslag TH-Delft,
vakgroep Automatische Verkeers Systemen, mei 1985

Milner, R.
A calculus for communicating systems
Lecture notes in computer-science 92,
Springer-Verlag, Berlijn, 1980

Nijhof, J.A.M.
De architectuur van datanetten
Proc. KIVI/NGI ASI symposium,
'Informatie over communicatie', okt 1984, Delft

Rudin, H.
Automated protocol validation; some practical
examples.
Proc. ICCC No.6, London, oktober 1982

Vliet, J.C.van
Software Engineering
Stenfert Kroese, Leiden, 1984

Voordracht gehouden tijdens de 339e werkvergadering.

SIGNALERING IN BEWEGING

ir. Marcel G.J. Meijer
Dr. Neher Laboratorium PTT

This paper introduces the signalling aspects of the future pan-European digital mobile telecommunications system - the so-called GSM-system. Due to its cellular concept it should provide facilities for hand-over, location registration and roaming. The paper discusses several examples and options of the signalling requirements to cater for these facilities.

1. INLEIDING

Sinds 1982 bestudeert een Europese werkgroep een digitaal autotelefoonsysteem voor de negentiger jaren. De werkgroep (Groupe Spéciale Mobile - GSM, een onderdeel van de CEPT) heeft zich ten doel gesteld voor eind 1986 globale en voor eind 1988 gedetailleerde specificaties te maken voor een autotelefoonsysteem dat in alle CEPT-landen gebruikt kan worden. Melis (1984) heeft een overzicht gegeven van de ontwikkelingen in de autotelefonie en hij heeft aangegeven waarom er een pan-Europees systeem zou moeten komen. Een dergelijk systeem zal geoptimaliseerd moeten worden naar zoveel mogelijk capaciteit per bandbreedte-eenheid per oppervlakte-eenheid ($E/Hz/km^2$), aangezien voor mobiele communicatie de beschikbare bandbreedte in de 900 MHz-band beperkt is. Deze randvoorwaarde kan leiden tot beperkingen ten aanzien van de kwaliteit van spraakoverdracht, (of de snelheid van gegevensoverdracht) en de eenvoud van signalering gedurende de verbindingsopbouw en tijdens de verbinding. Dit laatste aspect zal in deze bijdrage belicht worden.

In het bestaande telefoonnet is er alleen sprake van signalering om de verbinding op te bouwen of af te breken. Tijdens het gesprek vindt er geen signalering plaats ten behoeve van het in stand houden van de verbinding. Daarnaast vindt de signalering over hetzelfde fysieke kanaal als het gesprek plaats. In een modern autotelefoonnet is het omwille van een efficiënt spectrumgebruik onder andere nodig om te signaleren tijdens het gesprek en om de signalering deels niet over hetzelfde kanaal als het gesprek te laten verlopen. De ontwikkeling van een signaleringssysteem voor deze extra faciliteiten is derhalve in beweging, niet in het minst door de benodigde signalering tijdens de beweging van de abonnees.

Er moet op gewezen worden dat deze bijdrage bestaat uit een samenvatting van ideeën zoals die momenteel in GSM en/of bij de auteur leven, maar die niet noodzakelijkerwijs gerealiseerd zijn (in huidige systemen) of zullen worden (in GSM-systeem).

2. NETSTRUCTUUR VAN HET MOBIELE NET EN GEVOLGEN VOOR DE SIGNALERING

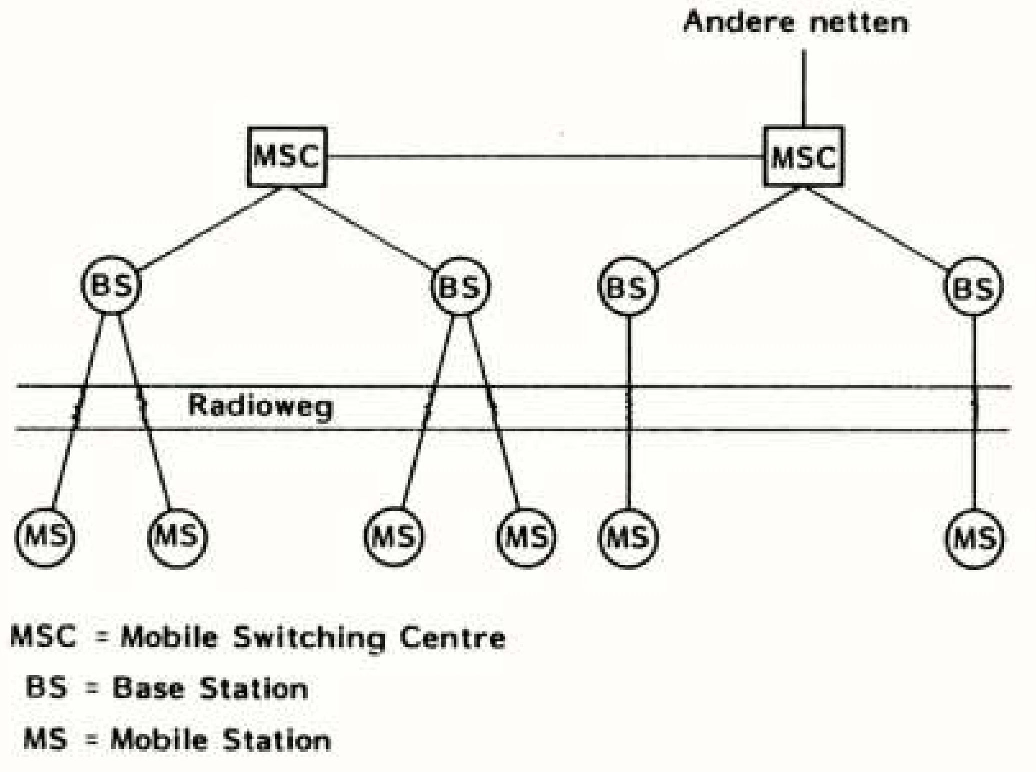
Een middel om efficiënt gebruik te maken van het spectrum is de zogenaamde cellulaire netconfiguratie. Een gebied (land) wordt onderverdeeld in een aantal verzorgingsgebieden (cellen) met een straal van 1 à 30 kilometer. In elke cel staat één zend/ontvangstation, het zogenaamde Base Station (BS). In ieder BS is een aantal radiokanalen beschikbaar. In de aanliggende cellen kunnen deze radiokanalen niet gebruikt worden vanwege interferentie. In de verder afgelegen cellen zijn de radiokanalen echter weer beschikbaar. Op deze manier worden radiokanalen dus hergebruikt en neemt de totale capaciteit van een net aanzienlijk toe.

Voor de signalering heeft het cellulaire net drie belangrijke gevolgen:

- zwerven (roaming):
  de mobiele abonnee moet in het zendgebied van elk BS de mogelijkheid hebben om opgeroepen te worden of om oproepen te plaatsen: de abonnee moet kunnen zwerven;
- locatieregistratie:
  bij een binnenkomende oproep voor een mobiele abonnee moet deze gelocaliseerd kunnen worden om zo het juiste BS te kiezen;
- hand-over:
  als de mobiele abonnee zich gedurende een verbinding buiten het bereik van een BS begeeft, moet de verbinding via een ander BS geschakeld worden,

liefst met zo weinig mogelijk onderbreking van de verbinding.

De structuur van het GSM-net is weergegeven in figuur 1.



FIGUUR 1: Structuur mobiele net.

Het Mobile Station (MS) is de terminal die aangesloten is bij de mobiele abonnee (bijvoorbeeld in de auto). Het MS is geschikt voor normaal telefoonverkeer en eventueel ook voor allerlei diensten die in het ISDN (Integrated Services Digital Network) geboden zullen gaan worden. De functies van het Base Station (BS) zijn, naar het zich nu laat aanzien, zeer beperkt: het ontvangen en zenden van en naar de MS's die zich in het desbetreffende gebied bevinden, en metingen ten behoeve van hand-over.

Het Mobile Switching Centre (MSC) laat zich vergelijken met een eindcentrale in het bestaande telefoonnet waaraan functies inherent aan het mobiele verkeer zijn toegevoegd: hand-over van BS naar BS en van MSC naar MSC.

De verbinding van het mobiele net met het bestaande telefoonnet of het ISDN kan op verschillende manieren plaatsvinden.

Het mobiele net kan volledig opgenomen worden in het ISDN zodat een MSC in de nethiërarchie als een eindcentrale gezien kan worden.

Het mobiele net kan ook als zelfstandig net uitgevoerd worden met aanknopingspunten met het bestaande telefoonnet. De werkelijke configuratie zal afhangen van het tijdstip waarop het GSM-net en het ISDN ingevoerd zijn. Aangezien de signalering in het ISDN anders zal zijn vergeleken met het bestaande telefoonnet, heeft de configuratie ook invloed op bijvoorbeeld de signalering bij zwerven, zie paragraaf 3.4.

3. SIGNALERING IN HET MOBIELE NET

De signalering in het mobiele net zal zoveel mogelijk overeenkomen met de signalering in het ISDN. Er zijn in het ISDN twee koppelvlakken die elk een ander soort signalering vragen: het koppelvlak tussen twee centrales en het koppelvlak tussen abonnee en centrale. Voor de eerste soort zal het CCITT-signaleringssysteem no. 7 gebruikt worden (zie de CCITT-aanbevelingen Q.700).

Voor mobiele toepassingen zal hier een zogenaamd "Mobile User Part" aan toegevoegd moeten worden om de extra signalering inherent aan het mobiele verkeer (ten behoeve van zwerven, hand-over en locatieregistratie) te kunnen verwerken.

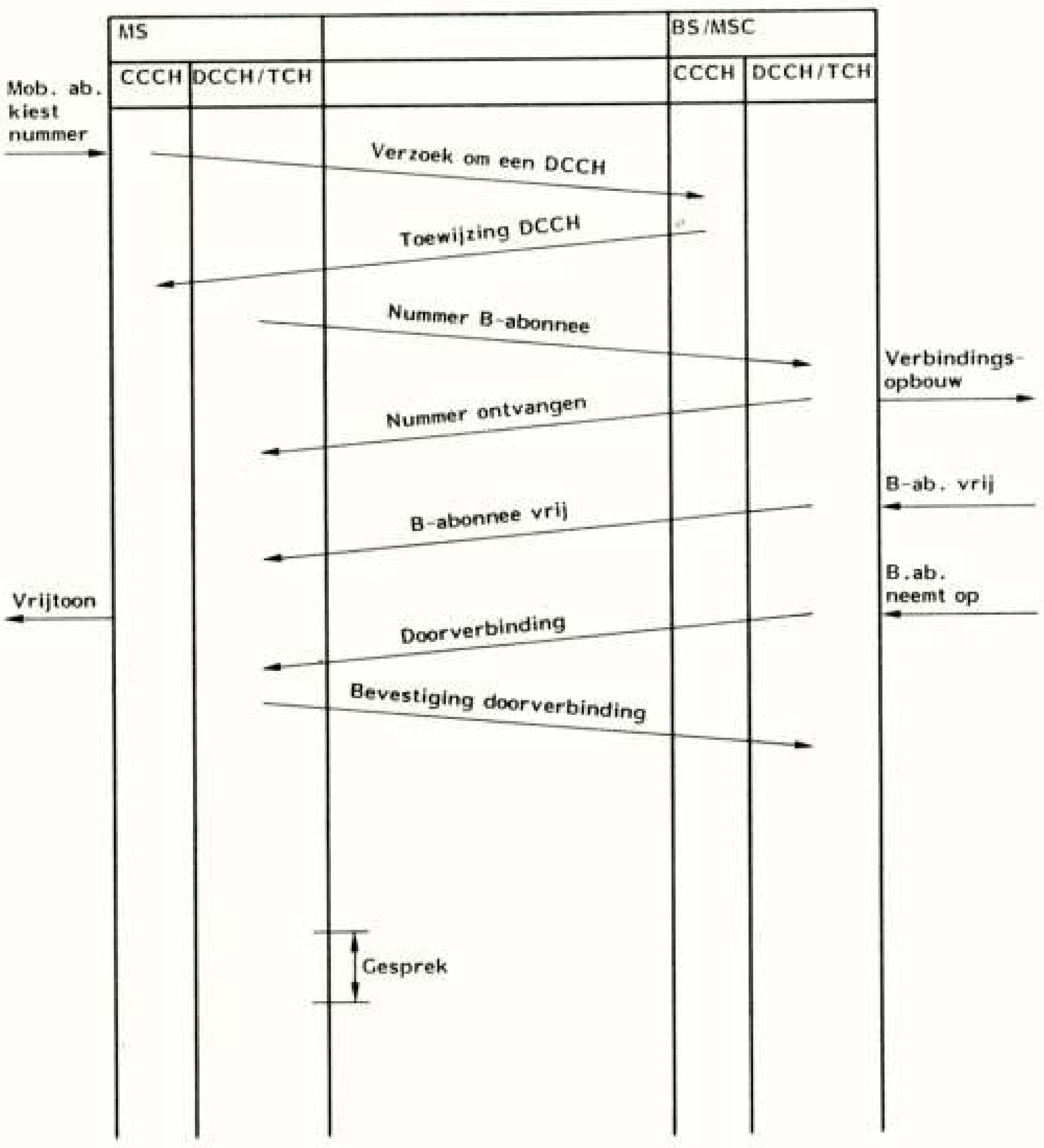
Het signaleringskanaal tussen abonnee en centrale wordt in ISDN-termen het D-kanaal genoemd. Het is een 16 kbit/s-signaleringskanaal dat naast de twee 64 kbit/s B-kanalen (voor spraak en data) bestaat (zie de CCITT-aanbevelingen serie I). Het signaleringskanaal in het mobiele net tussen abonnee (MS) en centrale (BS/MSC) wordt het Dm-kanaal genoemd. Het zal vanwege optimalisering van het spectrumgebruik een lagere bitsnelheid hebben dan in het ISDN. Het is vooralsnog onduidelijk in hoeverre de radioweg de principes toegepast in het D-kanaal-protocol minder goed bruikbaar maakt voor het Dm-kanaal-protocol.

Ook de diensten die in het mobiele net geboden zullen worden, zullen zoveel mogelijk vergelijkbaar zijn met die in het ISDN.

3.1 Voorbeeld van signalering

Als voorbeeld van signalering in het mobiele net volgt nu de opbouw van een uitgaande verbinding vanaf een mobiele abonnee. Dit voorbeeld is één van de mogelijke oplossingen en dient alleen ter illustratie, zie figuur 2.

- Het MS verkeert in stand-by en "luistert" naar een gemeenschappelijk signaleringskanaal (in de GSM het Common Control Channel - CCCH - genoemd). Alle MS's in een BS-gebied zijn in "stand-by"-toestand afgestemd op dit kanaal.
- De abonnee kiest het nummer van de B-abonnee (die aangesloten kan zijn op het mobiele of het vaste net) en geeft het zendcommando.
- Via het CCCH doet het MS een verzoek aan het BS/MSC voor een sinaleringskanaal dat alleen door dit MS gebruikt mag worden (het zogenaamde Dedicated Control Channel - DCCH).
- Het BS/MSC stuurt via het CCCH het kanaalnummer van een DCCH naar het MS en het BS schakelt over naar dit DCCH.
- Het MS schakelt over naar het DCCH en verstuurt het nummer van de B-abonnee.
- De rest van de verbinding wordt opgebouwd zoals dat gebruikelijk is in het ISDN.
- Als de B-abonnee opgenomen heeft, wordt er aan het MS een verkeerskanaal toegewezen (Traffic Channel - TCH), dat in dit voorbeeld samen met het DCCH één radiokanaal vormt. Het grootste deel van de capaciteit van het radiokanaal wordt tijdens het gesprek aan het TCH toegewezen, maar een deel blijft beschikbaar voor signalering ten behoeve van onder andere hand-over, zie paragraaf 3.2.



FIGUUR 2: Signalering van uitgaande verbinding vanaf mobiele abonnee.

Dit eenvoudige voorbeeld leidt tot twee opmerkingen:

- Voordat het MS in stand-by op het CCCH afgestemd kan worden, zal het MS eerst zichzelf moeten identificeren en deze identificatie moet geverifieerd worden ter voorkoming van misbruik.
- Het opbouwen van de verbinding in dit voorbeeld (dat wil zeggen het versturen van de nummerinformatie en het wachten op respons van de zijde van de B-abonnee) vindt plaats op een volledig frequentiekanaal, dat daarna gebruikt wordt voor het gesprek. Als de verbindingsopbouw plaats zou vinden in het CCCH, dan zou het frequentiekanaal alleen als verkeerskanaal gebruikt worden (en voor een deel als signaleringskanaal tijdens de verbinding). Volgens een studie uitgevoerd ten behoeve van GSM zou dit maximaal een capaciteitsverhoging van 35% kunnen geven bij hetzelfde aantal kanalen. Dit wordt Off-Air Call Set Up (OACSU) genoemd: het radiokanaal wordt pas toegewezen als de B-abonnee opgenomen heeft. Er zijn echter belangrijke nadelen verbonden aan OACSU, die zullen voorkomen dat het standaard in het GSM-systeem ingevoerd zal worden. Het kan namelijk gebeuren dat bij het volledig opgebouwd zijn van de verbinding (op het verkeerskanaal over de radioweg na) er geen vrij frequentiekanaal meer is. Dit soort oproepen voor een frequentiekanaal moet een hoge prioriteit van toekennen krijgen, maar er zullen toch wachttijden ontstaan terwijl de B-abonnee al opgenomen heeft. Dit kan leiden tot:
  - te hoge kosten bij een "ongebruikte" internationale verbinding;
  - "clipping" van automatische telefoonbeantwoorders, (pas te horen door de A-abonnee als een deel van de boodschap al uitgesproken is) en toegangsnummers tot computers;
  - het moeten waarschuwen van de B-abonnee dat de verbinding nog in opbouw is;
  - een verhoogde houdtijd voor circuits in de rest van de verbinding;
  - problemen bij het tariferen van de tijd dat alleen het verkeerskanaal over de radioweg nog belegd moet worden.

Als het mobiele net volledig in het ISDN opgenomen is, dan is een aantal van deze nadelen te verhelpen met het in het ISDN gebruikte signaleringssysteem (CCITT no. 7). Zo kan dan vermeden worden dat OACSU toegepast wordt voor de verbindingsopbouw van internationale gesprekken.

3.2 Hand-over

Tijdens een verbinding kan de mobiele abonnee de celgrens van het BS, via welke de verbinding geschakeld is, overschrijden en de zend- en ontvangkwaliteit kan te slecht worden voor een continuering van de verbinding. Er worden echter in de omliggende BS's in opdracht van het MS, via welke de verbinding geschakeld is, signaalsterktemetingen uitgevoerd om te bepalen of de verbinding niet beter via een ander BS geschakeld kan worden. Is dat het geval dan wordt alles in gereedheid gebracht om de verbinding over te schakelen via een ander BS en eventueel een ander MSC, waarna de hand-over kan plaatsvinden.

Een signaleringsuitwisseling bij hand-over naar een ander MSC zou er als volgt uit kunnen zien, zie figuur 3. Deze signalering vindt plaats in het DCCH, dat samen met het TCH één radiokanaal in beslag neemt.

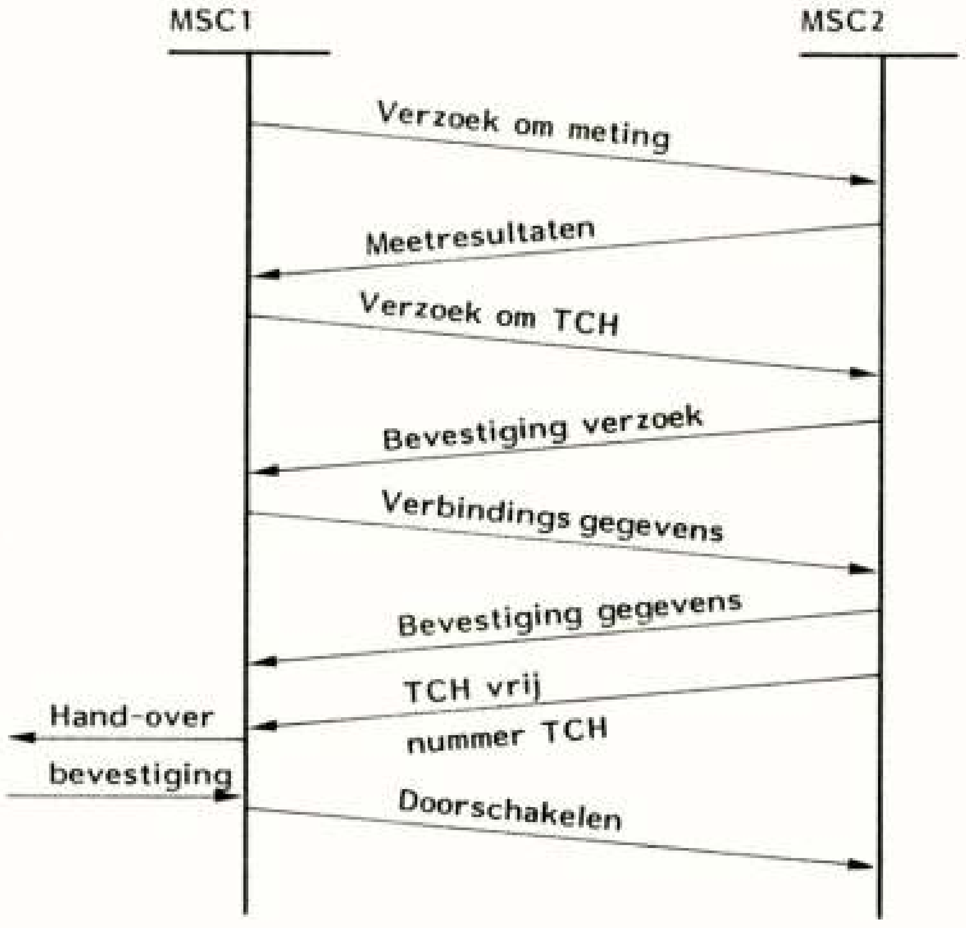
- Het BS, via welke de verbinding geschakeld is, meet dat de signaalsterkte onder een bepaalde drempel gekomen is.
- MSC1 vraagt alle omringde BS's (die dus ook op andere MSC's aangesloten kunnen zijn) om meetgegevens over die mobiele abonnee.
- MSC1 bepaalt het BS met de hoogste meetwaarden (in dit geval aangesloten op MSC2) en doet een verzoek om een verkeerskanaal via dit BS.
- MSC2 bevestigt het verzoek en wijst met prioriteit een verkeerskanaal via het gevraagde BS aan (het zal duidelijk zijn dat reeds bestaande verbindingen, die door de hand-over een verkeerskanaal nodig hebben, prioriteit moeten hebben boven "verse" oproepen).
- MSC1 verstuurt de gegevens die bij de verbinding horen naar MSC2, zoals tariefklasse, identiteit en de diensten waar de mobiele abonnee toegang toe heeft.
- MSC2 bevestigt ontvangst van gegevens en geeft het nummer van het nieuwe verkeerskanaal wanneer dit

ter beschikking staat.

- MSC1 geeft opdracht aan het MS om over te schakelen naar het nieuwe verkeerskanaal.
- Het MS bevestigt de overschakeling, waarop MSC1 de verbinding doorschakelt naar MSC2.

Aangezien de hand-over procedure nogal wat signalering teweeg brengt, moet voorkomen worden dat als een mobiele abonnee een tijd in de buurt van een celgrens rijdt, de verbinding van het ene naar het andere BS en weer terug geschakeld wordt.

Tevens moet het overschakelen van de verbinding zo kort mogelijk duren, niet zozeer voor een onderbreking in een "gewoon" telefoongesprek, maar vooral voor dataverkeer. In de huidige (analoge) systemen is de onderbreking al korter dan 1 seconde, hetgeen tijdens een telefoongesprek alleen als een klik opgemerkt wordt.



FIGUUR 3: Hand-over procedure tussen 2 MSC's.

3.3 Locatieregistratie

In een cellulair net zal bijgehouden moeten worden waar de mobiele abonnee zich (ongeveer) bevindt, omdat anders voor ieder binnenkomend gesprek voor een mobiele abonnee alle BS's in een net (land) een soort semafoonoproep ("paging signal") moeten plaatsen om uit te zoeken via welk BS de verbinding opgebouwd moet worden. Het andere uiterste is om voor ieder BS bij te houden welke mobiele abonnees zich in dat gebied bevinden en steeds als een mobiele abonnee de celgrens overschrijdt de gegevens bij te werken. Bij deze oplossing is er dus geen paging-signaal nodig, maar wel veel locatieregistratiesignalering. Een tussenoplossing, die voor de hand ligt, is het bijhouden van locatie per MSC-gebied, zodat bij een binnenkomend gesprek alleen de BS's behorende bij het MSC een pagingsignaal moeten zenden.

De volgende vraag is waar al die locatiegegevens opgeslagen moeten worden. Deze vraag hangt samen met de vraag waar de abonneegegevens opgeslagen zijn, zoals het abonneenummer met verificatiegegevens, een lijstje met diensten waarvan de abonnee gebruik mag maken (in principe is het streven in GSM om veel van de diensten die in het ISDN geleverd kunnen worden ook in het mobiele net aan te bieden), en de telimpulsen die door de abonnee betaald moeten worden. Een mogelijkheid is om al deze en de locatiegegevens centraal op te slaan. Het voordeel van een minimale opslagcapaciteit zal niet opwegen tegen de nadelen van relatief grote kwetsbaarheid (als het centrale register niet functioneert dan functioneert het hele mobiele net niet) en een enorme hoeveelheid signaleringsverkeer naar het centrale register.

Een andere mogelijkheid voor de abonneegegevens is om deze per MSC op te slaan. Deze methode is in GSM verder uitgewerkt. De mobiele abonnee wordt geregistreerd in een bepaald gebied. Het MSC dat in dit gebied staat, wordt voor deze abonnee Home MSC (HMSC) genoemd. Als de abonnee zich naar een ander MSC-gebied begeeft, moeten alle abonneegegevens naar het Visited MSC (VMSC) gestuurd worden. Elk MSC heeft dus de abonneegegevens van de "eigen" abonnees, die er altijd opgeslagen zijn en tijdelijk de gegevens van de abonnees die "op bezoek" zijn.

Als nu in elk MSC ook een locatieregister (LR) gemaakt wordt, dan kunnen naast bovenstaande abonneegegevens de locatieregistratiegegevens opgenomen worden. De abonneegegevens van de "eigen" abonnees worden nu opgeslagen in het Home LR (HLR). Als één van deze abonnees zich in een ander MSC-gebied bevindt, dan komt deze nieuwe locatie in het HLR te staan. De abonneegegevens worden in een ander MSC in het Visited LR (VLR) opgeslagen.

Uiteraard zijn hier weer allerlei tussenoplossingen mogelijk. Er zal waarschijnlijk niet één methode door GSM aanbevolen worden, daar de optimale methode van veel factoren afhangt, die van gebied tot gebied zullen verschillen. De optimale methode kan bepaald worden uit een verzameling van onderling strijdige parameters, zoals het aantal signaleringsberichten, de lengte van de signaleringsberichten, de benodigde geheugenruimte voor de gegevens van alle mobiele abonnees en het aantal berichten ten behoeve van tarifering.

De factoren waar de optimale methode onder andere van afhangt zijn: de straal van de cellen, het aantal abonnees per cel, de telecommunicatieverkeersdichtheid per cel, het aantal BS's per MSC, het aantal abonneegegevens en het te verwachten aantal celoverschrijdende abonnees per tijdseenheid.

Om te zorgen dat de locatie van een mobiele abonnee in "stand-by"-toestand bijgehouden wordt, "luistert" het MS naar het CCCH. Het MS moet nu kunnen detecteren dat het in een ander locatieregister terecht gekomen is, om vervolgens via het CCCH te kunnen

signaleren dat de locatiegegevens bijgewerkt moeten worden. De detectie kan eenvoudig plaatsvinden door het BS via het CCCH een locatiegebiednummer uit te laten zenden. Als het MS een verandering van nummer waarneemt, moet actie ondernomen worden.

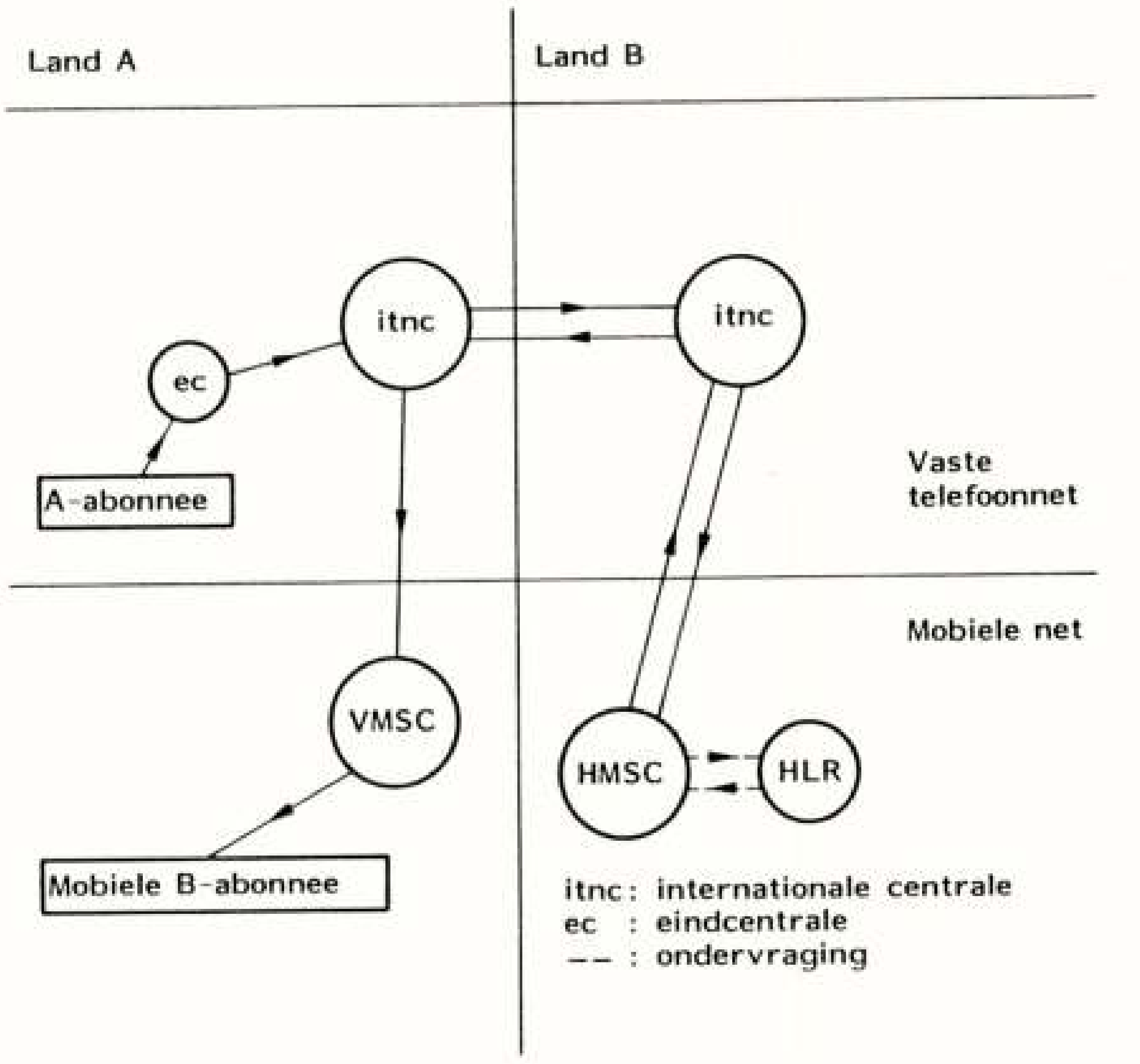
3.4 Zwerven

Om als mobiele abonnee het MS in het hele net te kunnen gebruiken, is locatieregistratie nodig. Daarnaast moeten er signaleringsmiddelen zijn voor een goede afhandeling van verbindingen buiten het HMSC.

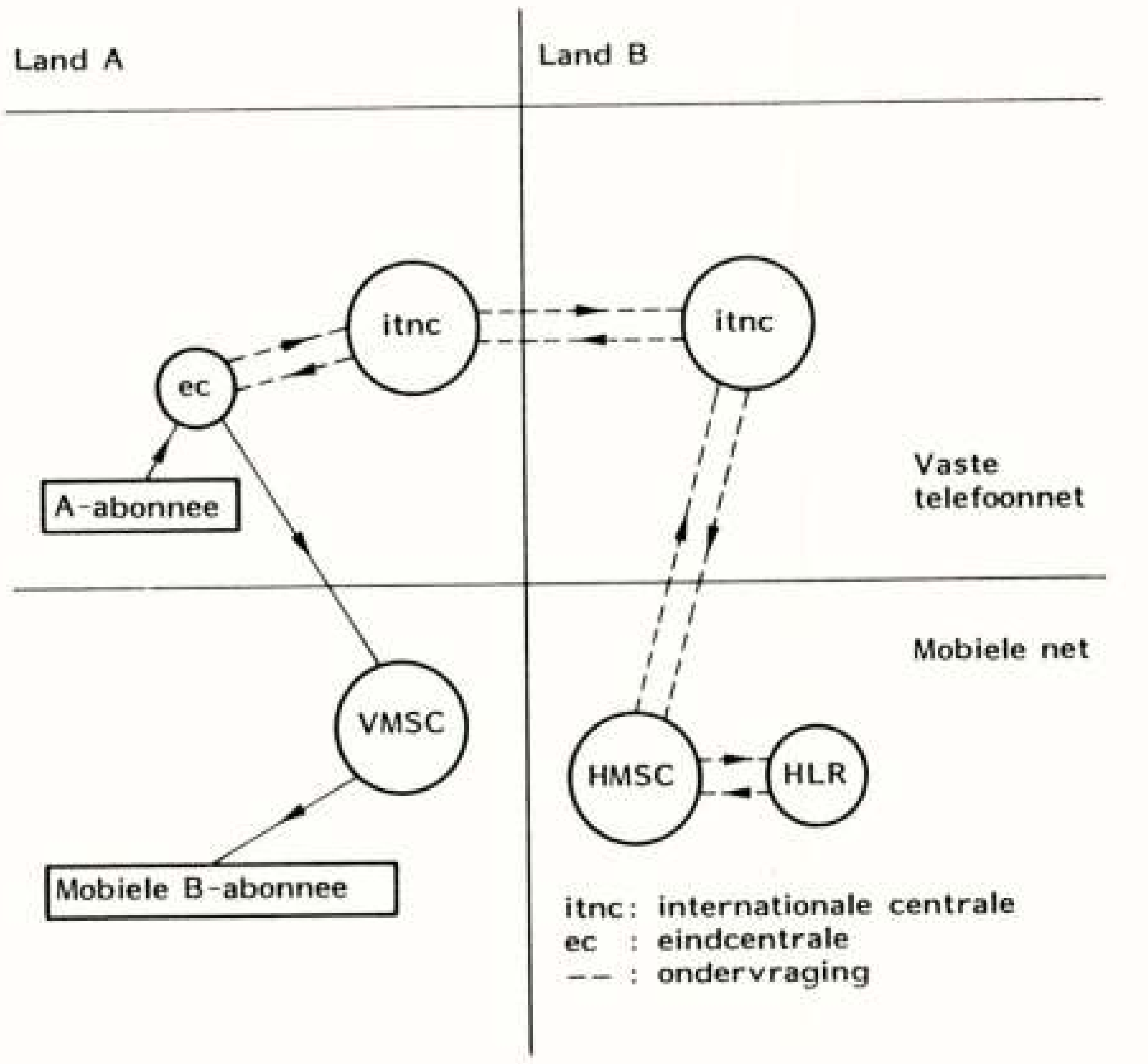
Ten eerste moet gezorgd worden dat de abonneegegevens van een mobiele abonnee, die het MS in een VMSC-gebied inschakelt en daar niet in het VLR geregistreerd staat, verstuurd worden van het HLR naar het VLR. Daartoe moet de abonnee kenbaar maken waar zijn/haar HLR zich bevindt of het VMSC moet dit aan de hand van het abonneenummer kunnen uitzoeken.

Ten tweede moeten er signaleringsmiddelen zijn om een in het mobiele net binnenkomende oproep te routeren naar het juiste BS. In sommige huidige systemen (bijvoorbeeld het NMT-systeem in Scandinavië) gaat dat als volgt. Een oproep uit één van de vier aangesloten landen wordt gerouteerd naar het HMSC van de opgeroepen mobiele abonnee. In het HLR wordt de locatie opgezocht en de verbinding wordt verder opgezet richting VMSC tot aan de mobiele abonnee. Met het huidige signaleringssysteem is er geen andere mogelijkheid dan deze. Het kan dus voorkomen dat als een "vaste" abonnee in Kopenhagen een mobiele abonnee belt, die geregistreerd is in Stockholm, maar in Kopenhagen verblijft, de verbinding van Kopenhagen via Stockholm naar Kopenhagen loopt, zie figuur 4.

In het GSM-net zal er naar gestreefd worden om dit soort verbindingen te vermijden. Een oproep die voor het mobiele net bestemd is wordt naar het dichtstbijzijnde MSC gerouteerd, dat vervolgens uitzoekt waar de mobiele abonnee zich bevindt door middel van ondervraging van het HMSC met behulp van een daarvoor geschikt signaleringssysteem. Vervolgens zet het MSC de verbinding op naar het VMSC, of signaleert aan het vaste net hoe de verbinding opgebouwd moet worden, als dat sneller is. In het GSM-net kan dit natuurlijk ook voor internationaal verkeer geschieden, mits het geschikte signaleringssysteem aanwezig is (hetgeen in het ISDN in principe aanwezig zou moeten zijn, maar lang niet in alle bestaande vaste telefoonnetten), zie figuur 5.



FIGUUR 4: Verbindingsopbouw van vaste A-abonnee in land A naar mobiele B-abonnee uit land B, verblijvend in land A.



FIGUUR 5: Verbindingsopbouw na signaleringsverbinding van vaste A-abonnee in land A naar mobiele B-abonnee uit land B, verblijvend in land A.

3.5 Internationaal verkeer

Naast het in de vorige paragraaf uitgelegde zwerven over landsgrenzen, kan er nog een onderwerp genoemd worden dat van belang is bij het internationaal verkeer. Het betreft de hand-over over landsgrenzen. Als de mobiele abonnee tijdens een gesprek de grens overrijdt zal deze op een gegeven moment niet meer via het land van herkomst bereikbaar zijn. Er zijn nu twee mogelijkheden om het gesprek in het zojuist binnengereden land voort te zetten:

1. het netwerk verzorgt automatisch hand-over van een BS in het ene land naar een BS in het andere land;
2. de abonnee moet zelf een nieuwe verbinding opbouwen via het netwerk in het binnengereden land.

Het lijkt voor de hand te liggen dat in een pan-Europees systeem de eerste mogelijkheid uitgewerkt wordt.

Er zijn echter twee organisatorische problemen aan verbonden. Ten eerste hoeven niet alle aangeboden diensten in ieder participerend land gelijk te zijn, dus bij het overschakelen naar een BS in een ander land kan bijvoorbeeld de op dat moment door de abonnee geschikte dienst niet voortgezet worden vanwege het ontbreken van die dienst in het binnengereden land.

Ten tweede speelt het belangrijke vraagstuk van abonneegegevens een rol. Het is de vraag of landen akkoord kunnen gaan met het verzenden van abonneegegevens (waaronder dus identificatie-, verificatie- en kostentellingsgegevens) over de landsgrenzen via het telefoonnet. Als landen hier niet mee akkoord kunnen gaan, dan zal iedere mobiele abonnee in elk door hem/haar te bezoeken land abonnee moeten worden en uit elk land een aparte rekening ontvangen. Automatische hand-over is dan nauwelijks nog mogelijk.

4. BESLUIT

Het specificeren van het pan-Europese GSM-systeem begint in het stadium te komen van het maken van keuzen, vooral ten aanzien van de spraakcodering en de toegang tot de radioweg. Pas daarna kan de gedetailleerde signaleringsspecificatie geschreven worden. Desalniettemin zijn er geen grote problemen te verwachten bij het vinden van oplossingen voor de signaleringseisen. Wel is er nog het nodige onderzoek vereist om tot optimale signaleringsmethoden te komen, bijvoorbeeld ten behoeve van locatieregistratie en hand-over. Daarnaast zullen andere dan technische argumenten de besluitvorming voor de specificaties steeds meer gaan beïnvloeden.

5. VERWIJZINGEN

CCITT, 1985,
"Recommendations Q.701-Q.714, Q.721-Q.795: Specifications of signalling system no. 7", Geneva.

CCITT, 1985,
"Recommendations of the series I: Integrated Services Digital Network (ISDN)", Geneva.

Melis, L.H.A.M., 1984
"The third generation car telephone system in the Netherlands: a European system" in FITCE, vol 23, no. 4, pp. 45-49.

Voordracht gehouden tijdens de 340e werkvergadering.

THE HYBRID SYSTEM APPROACH MATS-D

W. Schmidt
Philips Kommunikations Industrie AG
Unternehmensbereich TE KA DE Fernmeldeanlagen
Bereich Private Kommunikationssysteme
8500 Nürnberg 10; Federal Republic of Germany

Considerable effort in various countries and CEPT bodies is being devoted towards standardisation of a Pan-European digital mobile communication service in the 900 MHz range that allows for operation of subscriber terminals across borders in the nineties.

This contribution firstly analyses the basic characteristics of land mobile radiocommunication with respect to the physical transmission properties, the communication relations in a cellular radio network, the technological conditions, and the system requirements. In the second part, the resulting principles of the Hybrid System MATS-D are described. It differs from other systems proposals in utilizing two separately optimized radio transmission schemes for the two directions of a duplex connection, and in eliminating the fixed frequency duplex distance. Finally the flexibility and the evolution capabilities in a process of stepwise standardisation resulting from this approach are addressed.

BASIC CHARACTERISTICS OF LAND MOBILE RADIOCOMMUNICATION

Before going into the description of the Hybrid System, we briefly review the basic properties of the mobile radio channel, the communication relations in a land-based system, the technological conditions for the system elements, and the requirements to be met by a future digital mobile radiocommunication system, cf. /5/, since these aspects form the framework for the design of a viable concept of a future digital Pan-European 900 MHz system.

Transmission characteristics

The point-to-point radio connection between a fixed station (base station BS) and a mobile station MS is characterized by

- the distance between transmitter and receiver, and obstacles attenuating radio propagation, resulting in the dynamic range of power levels;
- fixed and moving scatterers, the reflected and attenuated waves of which form a spatial superposition of fieldstrengths that varies over time and frequency;
- the movement of the MS passing through the spatial field strength fluctuations, and the Doppler frequency shift caused by the terminal's velocity.

These effects are described quantitatively by the terms dynamic range, multipath delay spread and its inverse, coherence bandwidth, and coherence time. Since these effects depend on terrain, obstacle density and structure, as well as on direction and speed of movement, their general description can only be given on a statistical basis, see, e.g., references /1/ to /4/.

For the purpose of this presentation, the following figures give some rough indications of values the system has to cope with:

- Dynamic range $L_d \approx 80$ dB (35-40 dB loss per decade of distance plus some margin for shadowing).
  This value indicates the mean difference in field strength received at the base station from two MS, one transmitting from the fringe of the covered radio cell, and the other located near the BS.
- Multipath delay spread $T_m \approx 10$ us, and coherence bandwidth $B_c \approx 100$ kHz, respectively.
  This factor has two consequences: firstly, it generates intersymbol interference between subsequently transmitted information symbols if their duration is shorter than T_m, and, secondly, entire information symbols are subject to deep fades and erasure, if their energy is comprised within a bandwidth in the order of B_c.
- Coherence time $T_c \approx 2$ msec.
  This parameter depends on vehicle speed and indicates that the transmission conditions on the radio channel can change very rapidly, and channel disturbances have to be measured at intervals less than T_c if their effects are to be compensated.

Communication relations

The transmission characteristics of the mobile radio channel are symmetric for the two directions only as long as a single point-to-point connection is regarded. This picture changes, however, when a typical land-based cellular radio network arrangement is considered. In order to identifiy the main differences in the two directions, we now analyse the communication relations in terms of perception, propagation, and coordination, as they are found in an architecture with a number of multi-channel BS serving numerous single-channel MS. These relations are schematically shown in fig. 1a, b, and c.

Perception. Each subscriber terminal perceives only the nearest few base stations and normally keeps contact with only that single BS, the radio cell of which it is operating in. The selection process in the MS receiver is twofold: firstly, the desired BS is separated out of those BS that can be received, and secondly, the correct information stream from the desired BS is selected. Usually, all BS except the nearest three are significantly attenuated due to geographical distance, which may be regarded as an inherent space division scheme.

In contrast, each BS perceives a large number of MS and has to keep individual contact with the many stations operating within its radio cell. All these stations are equally important for the BS, irrespective of whether a MS is near the BS or at the cell boundary. An undesired MS in an adjacent radio cell may be received with similar field strength as a desired one at the cell fringe.

Propagation. With respect to any arbitrary MS receiver location, the information streams transmitted by one BS are subject to the same propagation conditions, i.e. path loss and multipath propagation. When the receiver location is varied, the propagation conditions are changing, but the desired signal as well as other signals from the same BS are subject to the same changes. This fact is important for the process of selecting the correct channel out of the compound RF-signal transmitted from the desired BS. As a consequence, the contribution of the desired BS to the signal-to-interference ratio S/I at the MS receiver is constant and independent of the MS location and movement within the radio cell.

In contrast, the signals transmitted from the MSs that are scattered around within the radio cell arrive at the BS via completely different and unique propagation conditions. This means that with respect to any channel the S/I ratios at the BS receiver antenna depend on the actual locations of all transmitting MS within the radio cell and, hence, are not at all constant.

Coordination. In the BS, the information streams directed to the subscriber terminals are available in a trunked form. They can easily be coordinated before transmission in order to simplify system design. For example, a number of channels can be synchronized, multiplexed, and modulated onto a common RF-carrier requiring only a single power amplifier. Such coordination is maintained during radio transmission and can be taken benefit of in the MS receiver (carrier, clock and frame synchronization, channel selection).

In contrast, the signals emanating from the subscriber terminals are generated basically without mutual coordination at a variety of locations, each MS anyway having its own clock, oscillator, and power amplifier. Coordination of these independent signals before transmission, even if introduced at additional expenses in the subscriber terminals, would be deteriorated due to the different individual radio propagation conditions.

Technological Conditions

For a future mass-market radio communication system, realizability of cheap subscriber terminals is of paramount importance. At the same time, they have to be small and of low power consumption.

Unfortunately, for the time being speech digitization increases cost, space, and power consumption. Only the next generation of signal processors are promising to reduce these introductory disadvantages. System design should prepare and support savings in the critical RF-components for frequency generation (synthesizer), filtering, and power amplification. The main objective is to reduce the RF-specifications for the receiver (stability, selectivity characteristics, tuning) and to shift as many functions as possible to baseband frequencies that are manageable with advanced CMOS signal processors. In total, hardware implementation mainly of the receiver part of the MS should be simplified and prepared to take benefit from progressing integration capabilities.

In the BS, however, in conventional systems, most of the cost, space, and power requirements are found in the transmitter and channel multiplexing sections, compared to which the expenses for multicoupling equipment and receivers are of secondary importance. Especially in rural areas, it is essential to achieve coverage with an absolute minimum of base stations, because the cost for

planning, erecting, installing and cabling a new site by far outweighs the cost of the equipments installed.

System Requirements

The preceding considerations take us to one of the most important requirements, that the system must be designed to cope equally well with high traffic density urban areas as well as low traffic density rural areas. The maximum traffic capacity should be in the order of 1000 subscribers per square kilometer. In these areas, highest radio spectrum economy is essential. On the other hand, in remote areas, only few subscribers per 1000 square kilometers have to be served most efficiently. In these areas, highest infrastructure economy is required. In order to be competitive, the system must be flexible enough to cover both extremes as well as the complete range in between, comprising six orders of magnitude of traffic density. Special attention has to be paid to the effects of unequal cell sizes in regions with inhomogeneous traffic density, irregular cell shapes due to local propagation conditions, and to the process of system growth.

The next point of consideration is the spectrum of services to be provided. Telephony with high speech quality is likely to remain the prime service used in a future digital system, which in itself already features a certain grade of voice privacy. More sophisticated methods of speech encryption should be offered as an add-on facility.

Clearly, data services will have to be offered by a future system, and it should allow to accomodate data rates from several tens of bits per second up to some tens of kilobits per second. The system should be able to provide access to, but should not be dependent on, ISDN services, as soon as they become available in the national telecommunication networks.

The requirement resulting from the limited frequency bandwidth available is to efficiently share this common resource among the active users according to their temporary needs with respect to space and time. In this context, it is important to note that the various services will not be used by a single user all at the same time, that they need not be implemented all together in the same type of user equipment, and that not all those services will be needed everywhere.

The system should possibly, at reasonable cost, offer integration of services that traditionally have been served by private local networks, e.g. dispatch-type services.

In conventional systems, the subscriber terminals were unified products with respect to their functions. This should no longer be the case in a future digital system, due to the much wider range of services and new user groups. This means that not all functions have to be realized in each type of subscriber terminal. For example, a portable telephone on the one hand, and a mobile office with ISDN-terminals connected to it on the other hand, have to be treated differently by the system.

Consequently, the system should be designed to allow for operation of different types of terminals, which may even differ in their respective radio transmission characteristics. Such precautions to be taken in the basic system design pave the way for further system evolution, e.g., by integrating new types of terminals into the system with low-rate speech coding at, say, 4.8 or 8 kb/s, as algorithms and technology become available.

A number of considerations lead to the requirement that a future 900 MHz system will have to basically operate with FDMA, and that neither its introduction nor its performance may demand for availability of wide consecutive frequency bands. The major reasons calling for such frequency flexibility are:

- coexistence with analogue interim mobile telephone systems,
- coexistence with other radio services, e.g. the cordless telephone, in adjacent frequency bands
- different frequency bands provided for installation of the digital system in different countries,
- stepwise expansion at differing time scales in different countries,
- stepwise changeover from analogue systems to the new common systems, and
- final operation of the system in the entire 900 MHz band.

Finally, the system must be designed to allow early installation of a simple and cheap initial network that is open to incorporate measures to adapt to growing traffic and various propagation conditions, as needed locally. The repercussions from system design to actual network layout have to be kept as low as possible.

PRINCIPLES OF THE HYBRID SYSTEM

A review of the basic radio transmission and multiple access techniques FDMA, TDMA, and CDMA has revealed that each one of these methods has its specific advantages and disadvantages, depending on the transmission direction. It was recognised that a symmetric scheme

using the same method in both directions will have to make compromises in at least one direction, on account of effects to be coped with in the respective reverse direction. In the past, this fact probably also caused some misunderstandings in the "narrowband" versus "wideband" comparisons, if only one direction was considered.

As a consequential step ahead, the Hybrid System MATS-D has been proposed. It benefits from a specially designed wideband transmission scheme in the downlink (BS to MS) direction, while keeping the advantages of narrowband FDMA for the uplink (MS to BS) transmission. Moreover it can be stated that decoupling of the two directions gains new flexibility for the overall system design in order to satisfy the system requirements outlined above.

Common to both directions is a bit rate of 16 kb/s for speech digitization, plus 2 kb/s for error protection, and an additional 1.5 kb/s on average per speech channel for the purposes of synchronization and signalling in the Associated Control Channel ACCH. For the time being, a net bit rate of 16 kb/s for speech provides for the required high quality in conjunction with low speech delay, and relatively low implementation complexity.

Narrowband uplink transmission

For the transmission direction from MS to BS, a SCPC/FDMA-method (single channel per carrier, frequency division multiple access) is used. The total bit rate per channel of 19.5 kb/s is segmented into 16 ms frames using the format as shown in fig. 2.

The resulting continuous bit stream is transmitted by the MS using Generalized Tamed Frequency Modulation GTFM /6/ at a carrier spacing of 25 kHz. This constant envelope modulation process can be easily implemented and combines a very narrow spectrum with good signal-to--noise performance. It allows for highly efficient non-linear power amplification in the MS.

In the BS, each channel is served by a narrowband receiver, applying noncoherent discriminator demodulation. Post-detection diversity combining and adaptive control of the MS transmitter output power are used to reduce the terminal's power consumption and to improve the interference situation in the radio network.

This transmission scheme has been chosen as the optimum solution for the MS to BS direction. Each MS anyway has to have its own transmitter, the technology of which is well-proven for continuous narrowband operation. Diversity reception mitigates the effects of deep fades that are due to operation below the coherence bandwidth. The symbol duration of 51.3 us is much longer than the multipath delay and therefore avoids intersymbol interference problems. Handling each channel with a separate BS-receiver prevents difficulties due to dynamic range, carrier and clock recovery that could arise in other transmisssion schemes.

Wideband downlink transmission

For the transmission direction from BS to MS, a newly designed combination of code division multiplex (CDM) and time division multiplex (TDM) techniques is applied, allowing to convey up to 64 channels on a common carrier frequency with an occupied bandwidth of about 2.5 MHz. As sketched in fig. 3, adjacent Base Stations use different such FDMA-blocks, i.e. different carrier frequencies, according to a 3-cell reuse cluster.

Within one FDMA-block, cf. fig. 3, 8 so-called code layers are transmitted in parallel, each of which is characterised by two unique spreading codes of 32 chips length, which together with their polarity are used to code four possible symbols representing arbitrary combinations of two information bits. The total chip rate is 1.248 Megachip/s corresponding to 39 ksymbols/s, or, 78 kb/s per code layer. At regular intervals of 0.667 ms, i.e. every 26th symbol, a special 32-chip synchronisation symbol is inserted, that is common to all code layers. The remaining 75 kb/s are sufficient for time multiplexing four speech signals (4 x 18 kb/s) plus additional 3 kb/s for signalling in the ACCH in each one of the 8 code layers with a TDM-frame length of 16 ms. Their individually spread signals of 1.248 Megachip/s are added up and then used to modulate the RF-carrier in amplitude. A second block of 32 channels is transmitted on the same frequency with a 90 degree phase shift to give up to 64 channels per carrier in total. Fig. 4 shows the resulting RF-spectrum.

This transmission scheme results in simple realizations of both, the MS receiver as well as the BS transmitter, where only one power amplifier per carrier is required, since channel multiplexing and combining is done at baseband.

The selection process in the MS receiver is performed in two steps. In the RF-part, the wideband signal of the FDMA-block is selected, filtered, and demodulated, whereas multipath resolution, channel selection and data detection is carried out in real-time by correlation techniques using digital signal processing. Thus, cost, space and power consumption of the receiver can be significantly reduced due to lowered RF-specifications and VLSI-implementation of the baseband processing.

Several aspects have to be noted with respect to the considerations given in chapter 1:

- wideband operation above coherence bandwidth mitigates the effects of Rayleigh fading, allows for multipath resolution as a form of time diversity combining, and avoids a costly antenna diversity scheme in the MS receiver;
- the duration of a symbol is 25.64 us and therefore much longer than the multipath delay spread to be expected, avoiding intersymbol interference and the associated problems of fast adaptive equalization in the receiver;
- the sync symbols sent every 0.667 ms are spaced well below the coherence time and allow reliable synchronisation as well as sensing and tracking of the path profile, since they are received free of interference within the FDMA-block;
- all spreading codes within an FDMA-block are received with equal power, i.e. the signal-to-interference ratio within a radio cell is not affected by the dynamic range of power levels;
- using FDMA for separation of adjacent base stations, in conjunction with the spreading gain, yields sufficient protection against co-channel interference in a nominal 3-cell frequency reuse pattern and, thus, very high spectrum economy is achieved. Furthermore, frequency reuse can easily be adapted to difficult radio propagation conditions as well as to networks calling for different cell sizes.

POTENTIAL OF THE HYBRID SYSTEM

The system approach outlined so far offers several further advantages beyond the equipment cost considerations addressed above.

The freedom of radio network layout is not restricted by the system design and therefore allows adaptation to local propagation conditions and traffic demand similar to conventional narrowband systems, also for the process of system growth. In particular, there are no restrictions with respect to maximum cell size other than those found in usual link budget calculations.

Spectrum economy of the wideband downlink transmission is already very high. Preliminary evaluations have indicated that the RF-bandwidth can be reduced by about 60%, i.e. to about 1.5 MHz, with only little performance degradation. Spectrum economy can be further improved through the use of directive transmit antennas and so-called overlay networks with an ordered mix of different cell sizes and corresponding reuse distances.

Some options for increasing spectrum economy in the narrowband uplink transmission are

- directive receive antennas in the BS,
- dedicated BS receivers using coherent demodulation with improved performance for portable subscriber terminals,
- simultaneous change of uplink frequency in case of deep fades or if undue interference is detected,
- remote base station receivers.

Especially important for some of these measures is that each BS receiver in the Hybrid System can be operated on any carrier frequency, due to elimination of a fixed frequency duplex distance. This feature allows for implementation of dynamic frequency reuse based on the actual interference situation, reducing a conventional fixed 7-cell reuse pattern to an equivalent of roughly a 4-cell cluster.

The Hybrid System provides for stepwise introduction of new services and subscriber terminals using different bit rates without repercussions on terminals already in operation. On the downlink, the transmission capacity within a code layer can be flexibly subdivided and allocated to different users, accomodating individual data rates from about 125 b/s, i.e. 1 data symbol per 16 ms, up to a maximum of 72 kb/s, excluding ACCH-signalling. If necessary, several code layers can be assigned to a single user at the expense of additional digital signal processing in the receiver.

In the uplink, each communication is handled by a separate receiver in the BS. Therefore, new types of services can be offered by adding corresponding types of receivers, that may differ in bandwidth, bit rate, modulation, channel coding, etc., depending on the special requirements of the service or the kind of user terminal. Equipments already in operation have neither to be replaced nor to be modified, and therefore existing services are not affected by the process of system evolution. The number of equipments of each kind only depends on the local traffic demand for each service. Radio interference between services and channels can be avoided either by a fixed frequency planning, or by dynamic frequency allocation based on the actual interference situation in the radio network. In the downlink, each BS broadcasts, on a special "system organisation channel" within its FDMA-block, configuration data about the types of receivers available in the BS and their frequencies. By reading these informations, each subscriber terminal, depending on its type, is able to decide whether and how, i.e. on which frequency, it is allowed to access the system, via an appropriate receiver.

This mechanism, together with the basic parameters for decoding these informations out of the wideband downlink data stream, forms a common part of several different radio interface specifications, each of which defines a particular type of subscriber terminal. The common part can be regarded as a "compatibility kernel" that enables simultaneous operation of different types of user equipments in an integrated radio communication network. It also allows manufacturers to develop products dedicated to different market segments with a minimum of cost penalties due to compatibility requirements. The structure of the complete system radio interface resulting from this approach is illustrated in fig. 5.

The compatibility kernel only concerns the basic receiver part of the subscriber terminals, whereas all service-related functions including baseband processing, access and signalling protocols, and the complete transmitter part are subject of the type-dependent specifications.

In this way, an almost arbitrary mix of services and facilities can be realized by the system in a cost-effective and spectrally economic way. This open system architecture makes an early introduction of the system with, e.g., a basic telephone service feasible and at the same time opens a structured way for system evolution with respect to new market possibilities as well as technological progress. Likewise, local, regional, and national differences in the offered spectrum of services are possible, while maintaining international compatibility of the basic radio interface specification.

Two security aspects of the Hybrid System are worth emphasizing. Firstly, narrowband transmission of the MS precludes the danger that one single faulty unit could block all communications within a cell, and, secondly, the differences of the transmission schemes used make it technically impossible to eavesdrop on conversations of other mobile subscribers by manipulating a marketed MS.

CONCLUSION

The Hybrid System is conceptually characterized by utilizing two completely different radio transmission schemes for the two directions of information transfer between the base stations and the subscriber terminals of a land-based mobile radiocommunication system, as a consequence of analysing the basic characteristics of such a network. Based on the physical properties, an optimum selection, combination, and dimensioning of well-known principles results in a reduction of cost, size, and power consumption of the subscriber terminals as well as the base stations, mainly in the critical RF-parts. In a process of a "stepwise standardisation", the system allows for integration of new services and new types of subscriber terminals in an easy and compatible way. These aspects, together with its flexibility with respect to traffic demand, frequency allocation and network layout, make the Hybrid System a serious candidate for European standardisation of a common digital mobile communication system.

REFERENCES

/1/ W.C. JAKES, ed.: Microwave Mobile Communications.
New York, 1974

/2/ V.K. BHARGAVA, D. HACCOUN, R. MATYAS, P.P. NUSPL:
Digital Communications by Satellite.
New York, 1981

/3/ W.C.Y. LEE: Mobile Communications Engineering
New York, 1982

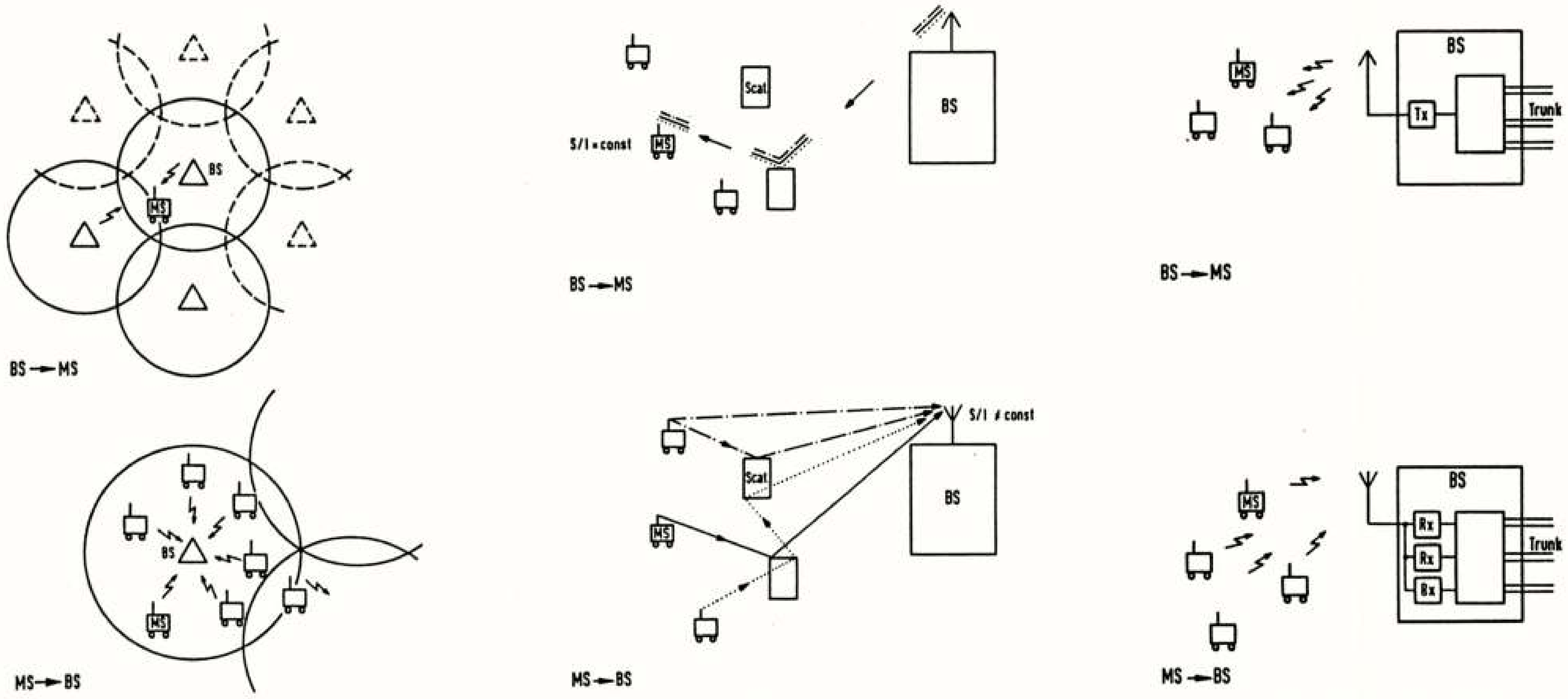
/4/ M.K. SIMON, J.K. OMURA, R.A. SCHOLZ, B.K. LEVITT:
Spread Spectrum Communications, Vol. II.
Rockville, 1985

/5/ W. SCHMIDT, H. PFANNSCHMIDT:
"Evolution of Public Land Mobile Networks Towards Digital Voice and Data Transmission".
Presentation held at the Nordic Seminar on Digital Land Mobile Radiocommunication.
Espoo, Finland, Febr. 1985

/6/ K.S. CHUNG:
"Generalized Tamed Frequency Modulation And Its Application for Mobile Radio Communications".
Special Issue IEEE Trans. on Vehicular Technology,
Vol. VT-33,
Aug. 1984, pp. 103 - 113

Voordracht gehouden tijdens de 340e werkvergadering.

This lecture has been presented on January 23rd, 1986 during the 340th meeting of the NERG at the Dr. Neher Laboratorium van de PTT, Leidschendam.



a) Perception   b) Propagation   c) Coordination

Fig. 1 Communication Relations

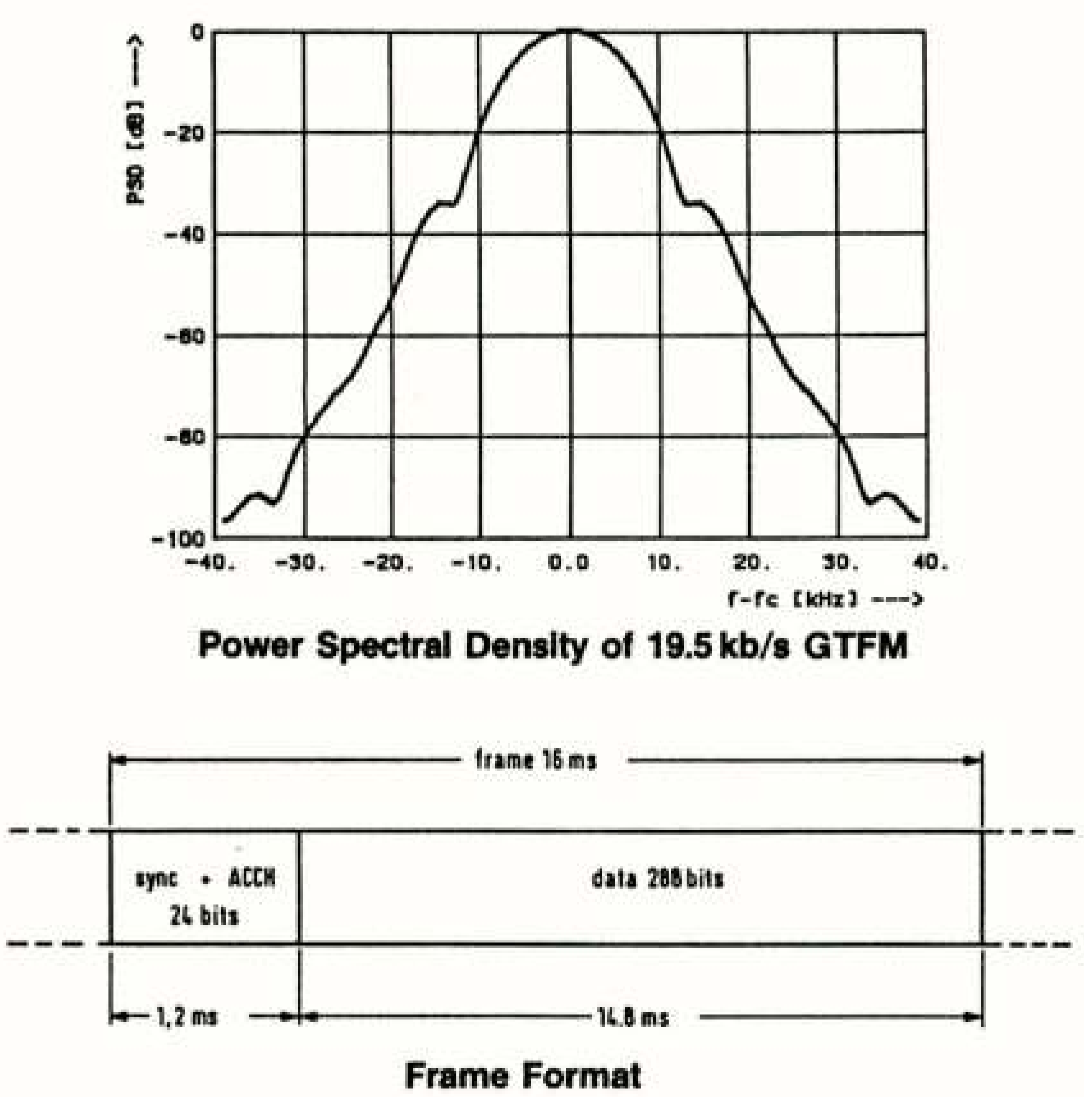


Fig. 2 Narrowband Transmission MS to BS

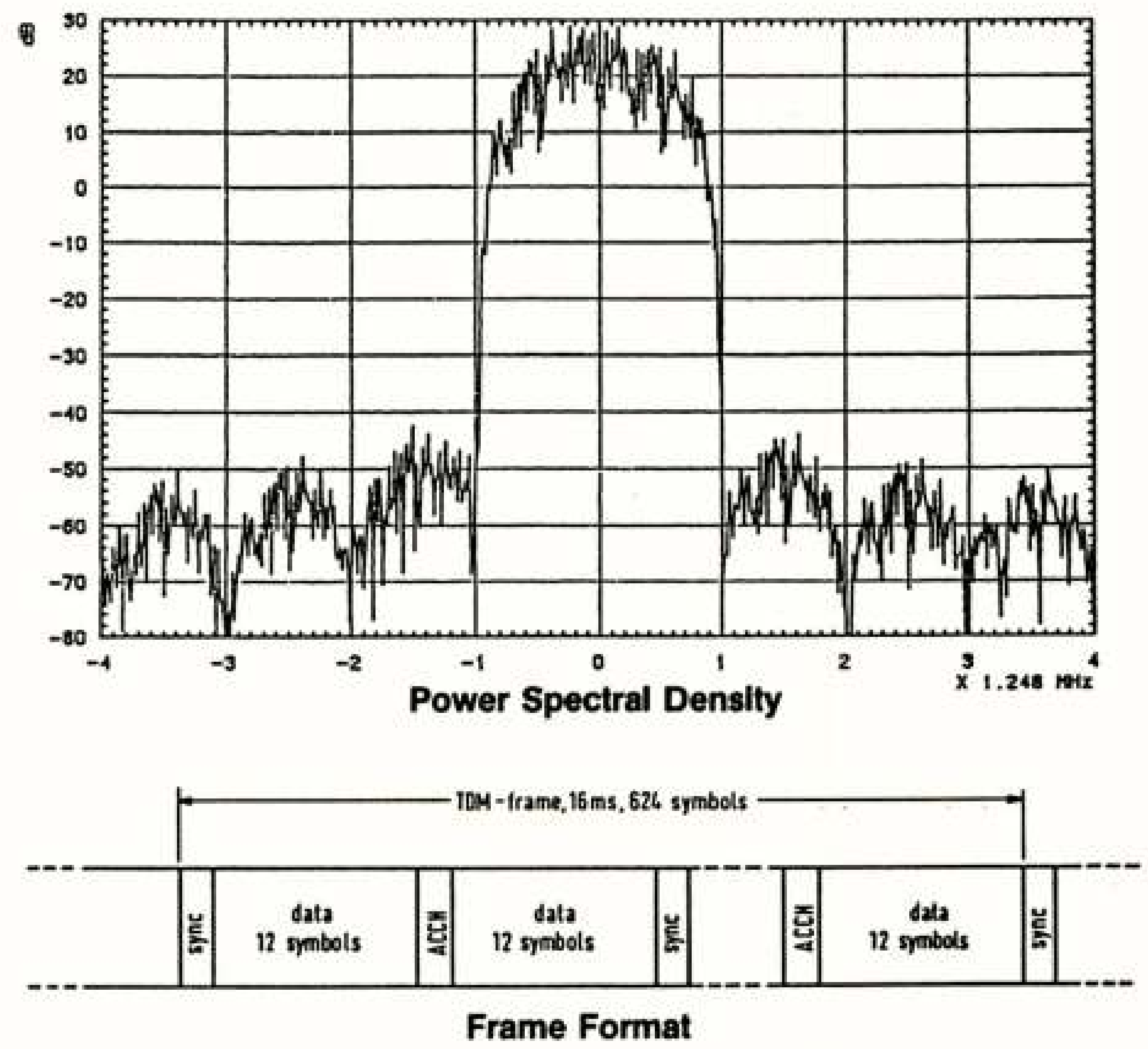


Fig. 4 Wideband Transmission Spectrum and Format

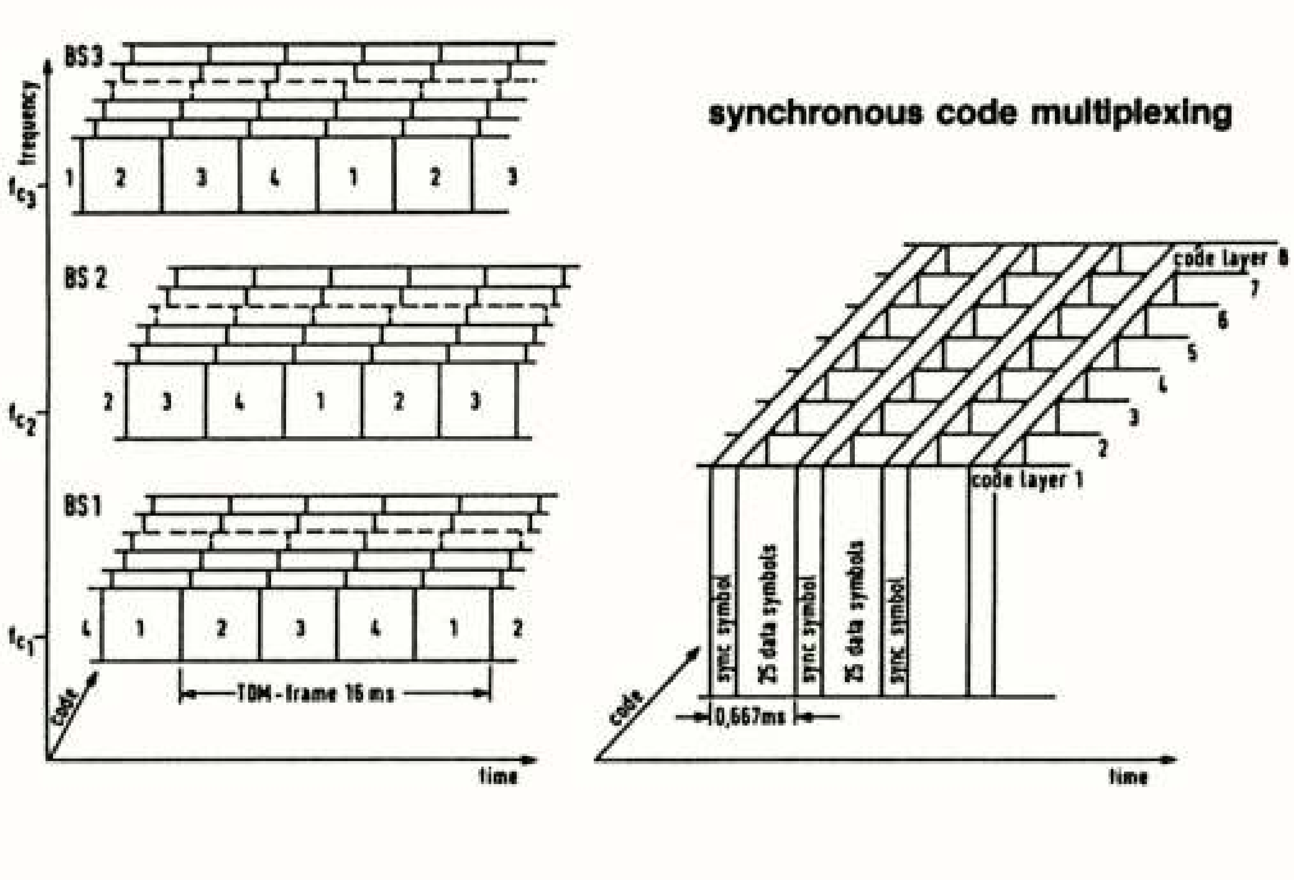
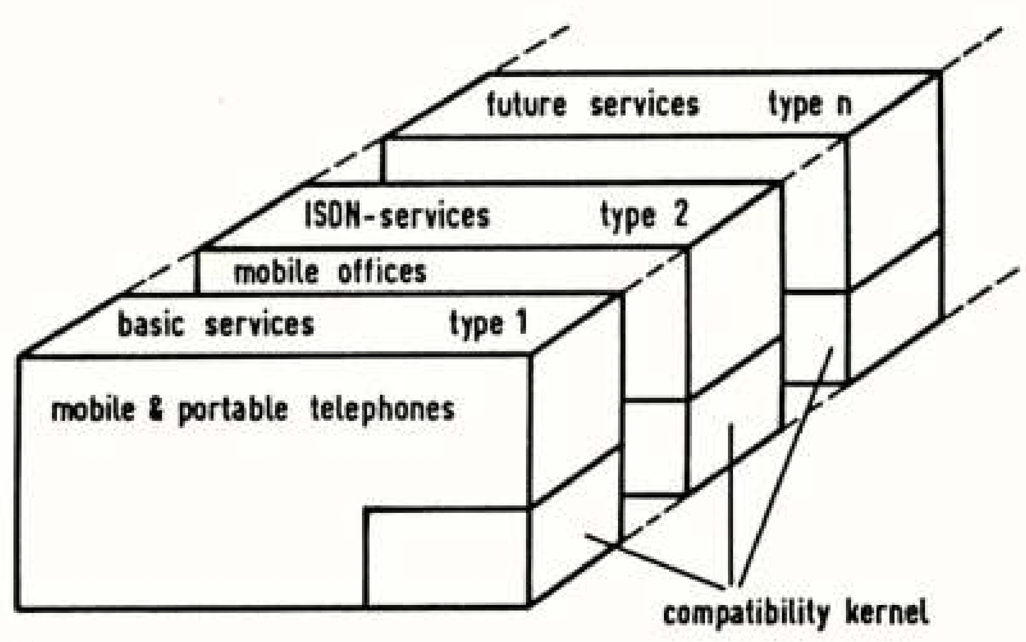


Fig. 3 Wideband Transmission BS to MS



Structure of the Radio Interface

- **Common frame**
- **Categorized service integration**
- **Stepwise standardisation**
- **System evolution**

Fig. 5 Structure of the Radio Interface

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. Chr.H.M. Clemens, Breukelsestraat 12, 5281 HD Boxtel.

Ir. A.J.G. Dorgelo, Oranje Nassaulaan 2, 3722 JM Bilthoven.

Ir. B.R. van Erkel, Kromwijkerkade 45, 3442 EH Woerden.

F.J.M. van Kuppeveld, Eksterstraat 18, 5348 HH Oss.

Ir. J. van Rees, Van Hasseltlaan 486, 2625 JE Delft.

Ir. Tj.J. Tjalkens, Karel de Grotelaan 123, 5615 SR Eindhoven.

Nieuwe leden

Ir. P.A. Beeckman, Aardster 12, 2403 RH Alphen a/d Rijn.

Ir. J.W.M. Bergmans, Lichtenberg 62, 5655 BH Eindhoven.

Ir. G. Ossewaarde, Dunantstraat 861, 2713 TG Zoetermeer.

Ir. J.A. Stemerdink, Burg. Keijzerlaan 223, 2262 BH Leidschendam.

Ing. H. van der Weijden, Stoholm 55, 2133 KD Hoofddorp.

Nieuwe adressen van leden

Ir. J.L. Kamp, Gerard Bromlaan 31, 5624 GT Eindhoven.

J.W. Reinold, Julianalaan 4-301, 3743 JG Baarn.

Conferentieaankondigingen

2nd international conference on image-processing and its applications. Imperial College London U.K., 24-26 juni 1986. Contactadres zie *).

International broadcasting convention. Brighton, Sussex, U.K., 19-23 september 1986. Contactadres zie *).

International Conference on the history of television. IEE Savoy Place London U.K., 13-15 november 1986. Contactadres zie *).

Antennen. Würzburg, D.B.R., 24-27 maart 1987. Call for papers 19 september 1986. Contactadres: Prof.Dr.-Ing. F.Landstrorfer; Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik; Technische Universität München; Arcisstrasse 21; 8000 München 2.

ICAP 87. 5th international conference on antennas and propagation. University of York U.K.; 30 maart - 2 april 1987. Call for papers 30 november 1986. Contactadres zie *).

Comp. Euro 87; A new series of annual international computer conferences in Europe. Congress Center Hamburg, 11 - 15 mei 1987. Contactadres: Prof.Dr. W.E.Proebster, c/o IBM P.B. 800880, D-7000 Stuttgart 80 (FRG).

International Conference Radar 87. The Royal Borough of Kensington and Chelsea Town Hall, Horton Street, London W8. 19 - 21 oktober 1987. Call for papers 16 juni 1987; samenvatting 17 november 1986. Contactadres zie *).

*) IEE ; Savoy Place; London WC2R OBL; United Kingdom. Tel. 01-240 1871 Ext 222. Telex: 261176 IEELDNG.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Inhoud

deel 51 - nr. 3 - 1986

druk: De Witte Eindhoven